



**Roskilde  
University**

## **Innovaciones Creativas y Desarrollo Humano**

Gallina, Andrea; Capecchi, Vittorio; Núñez Jover, Jorge; Montalvo Arriete, Luis Félix

*Publication date:*  
2007

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Citation for published version (APA):*  
Gallina, A., Capecchi, V., Núñez Jover, J., & Montalvo Arriete, L. F. (Eds.) (2007). *Innovaciones Creativas y Desarrollo Humano*. Editora Trilce.

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact [rucforsk@kb.dk](mailto:rucforsk@kb.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **Innovaciones creativas y desarrollo humano**



# Innovaciones creativas y desarrollo humano

compiladores:

**ANDREA GALLINA**

**JORGE NÚÑEZ JOVER**

**VITTORIO CAPECCHI**

**LUIS FÉLIX MONTALVO ARRIETE**



Esta publicación es el resultado del Proyecto ALFA-Lentisco

(Project N°: II-0323-FA, Contract N°: AML/B7-311/97/0666/II-0323-FA).

Las opiniones expresadas y los argumentos empleados en el presente libro son responsabilidad de los compiladores y autores del mismo, y no reflejan de ninguna manera aquellos de la Comisión Europea.

Fotografía de portada:

Esteban Tapella

© 2006 Ediciones Trilce y los autores

Producción editorial

Ediciones  
**TRILCE**

Ediciones Trilce

Durazno 1888

11200 Montevideo, Uruguay

tel. y fax (5982) 412 77 22 y 412 76 62

trilce@trilce.com.uy

www.trilce.com.uy

Impreso en San Sepolcro

Gruppo Graficonsul

Via Dragoni, 47

I-52037 San Sepolcro (AR)

Italia

ISBN [10] 9974-32-424-6

ISBN [13] 978-9974-32-424-4

# Contenido

## **Introducción [9]**

Motivación y antecedentes [9] Breve presentación de los capítulos [13]

## **CAPÍTULO 1**

### **Globalización, ciencia y desarrollo. Comprender el desafío a partir de una experiencia latinoamericana**

**FIDEL CASTRO DÍAZ-BALART Y HUGO PÉREZ ROJAS [19]**

Introducción [19] La globalización: un fenómeno de polarización con múltiples consecuencias [20] Diferencias entre el Sur y el Norte en materia de ciencia y tecnología [26] La alta tecnología como el núcleo de fuerza de una nación [31] Algunas experiencias innovadoras cubanas [38] Desarrollo sostenible, no invariancia y un problema crítico [41] Recomendaciones básicas [45]

## **CAPÍTULO 2**

### **Recolección de materiales reciclables por parte de los recolectores: estrategia de sobrevivencia ante la pobreza urbana existente en Brasil**

**ANTONIO BUNCHAFT [53]**

Antecedentes [53] Situación de los recolectores de materiales reciclables en Brasil [55] Proyecto (experiencias) de cooperación tecnológica y posibilidades para la generación de trabajo y rentas [60]

## **CAPÍTULO 3**

### **Trayectorias tecnológicas creativas y redes largas**

**VITTORIO CAPECCHI Y ANDREA GALLINA [63]**

Introducción [63] Como se puede definir el término “trayectorias tecnológicas creativas” [70] Ejemplos de trayectorias tecnológicas creativas [77] Aspectos que nacen como resultado de la puesta en práctica de las trayectorias tecnológicas creativas [93] ¿Pueden las trayectorias tecnológicas creativas convertirse en redes largas? [97]

## **CAPÍTULO 4**

### **Innovación, información y conocimientos: la importancia de distinguir el modo de la moda**

**HELENA MARÍA M. LASTRES Y JOSÉ EDUARDO CASSIOLATO [101]**

Introducción [101] El nuevo proceso de acumulación [103] Los desafíos de trabajar con nuevos referenciales [113] El foco en sistemas productivos e innovativos locales: ventajas y desafíos [117]

## **CAPÍTULO 5**

### **Propiedad y expropiación en la economía del conocimiento**

**AGUSTÍN LAGE [127]**

Introducción [127] ¿Qué es la economía del conocimiento? [128] La cuestión de la propiedad: el verdadero problema [136] Propiedad intelectual: los “TRIPS” y la acumulación originaria del conocimiento [138] La economía de escala de la investigación científica y la reproducción ampliada del conocimiento [141] La especulación de las regulaciones [143] El “robo de cerebros”: paso atrás hacia la propiedad sobre las personas [146] Un problema “global” [148] ¿Ciencia y desarrollo económico: asociación o causalidad? [151] Expropiar a los expropiadores [153] Construir la alternativa [155] El ciclo completo: recursos-conocimientos-recursos [159] Conclusiones [162]

## CAPÍTULO 6

### **Universidad y desarrollo social basado en el conocimiento: nuevas estrategias desde lo local**

**JORGE NÚÑEZ JOVER, LUIS F. MONTALVO ARRIETE E ISARELIS PÉREZ ONES [165]**

Introducción [165] La “nueva universidad” y la dimensión territorial [166]  
Del modelo interactivo al modelo contexto-céntrico y los agentes locales  
del desarrollo científico y tecnológico [169] El conocimiento necesario para  
el desarrollo sostenible [171] Integración y capital social [174] Política  
y gestión del conocimiento [175] Redes, actores y sistemas regionales  
de innovación [176] Integración de las funciones universitarias y nuevos  
sentidos [178] Los indicadores [180] Consideraciones finales [182]

## CAPÍTULO 7

### **Ciencia, tecnología y sociedad en Cuba: construyendo una alternativa desde la propiedad social**

**JORGE NÚÑEZ JOVER, FERNANDO CASTRO SÁNCHEZ,**

**ISARELIS PÉREZ ONES Y LUIS F. MONTALVO ARRIETE [185]**

Introducción [185] Conocimiento y desarrollo [186] La “política del  
conocimiento” y la política científica y tecnológica [188] Perfil del  
desarrollo tecnocientífico cubano [191] Universidad, innovación y  
sociedad: construyendo un modelo interactivo universidad-innovación-  
sociedad. El caso de la Universidad de La Habana [198] Cambios en la  
PCT nacional y novedades en la agenda de investigación universitaria [200]  
Las innovaciones y sus lecciones [203] La innovación más radical: una  
vacuna para el mundo [206] Reflexiones finales [209]

## CAPÍTULO 8

### **La bioinformática en Cuba: presente y perspectivas**

**JUAN PEDRO FEBLES RODRÍGUEZ [215]**

Introducción [215] Desarrollo [216] Áreas de investigación  
bioinformática en el mundo [220] Cuba y la bioinformática [221]  
Conclusiones [230]



## CAPÍTULO 9

### **Nanotecnología y la disponibilidad de energía y agua en los países del Sur**

**GIAN CARLO DELGADO RAMOS [233]**

La nanotecnología y la energía fotovoltaica y fotoelectroquímica [238] La nanotecnología y el agua [245] La nanotecnología y el desarrollo de los países del Sur [250] A modo de reflexión final [253]

## CAPÍTULO 10

### **El estudio de la innovación desde el Sur y las perspectivas de un *nuevo desarrollo***

**RODRIGO AROCENA Y JUDITH SUTZ [255]**

Presentación [255] La innovación desde el Sur [256] Hacia un *nuevo desarrollo* [265] Conclusión: hacia una agenda renovada [275]

## CAPÍTULO 11

### **¿Extensión rural o intercambio de saberes?**

### **Repensando la innovación y adopción tecnológica en Argentina**

**ESTEBAN TAPELLA [283]**

Introducción [283] La extensión rural y la cuestión de la adopción tecnológica con pequeños productores en Argentina [285] Los CAIS: antecedentes, ejes conceptuales y estrategia metodológica [294] El centro de capacitación y demostración de tecnologías apropiadas (CCDTA). El caso de un CAIS en Mendoza, Argentina [298] Reflexiones finales [303]

**Nota sobre los autores [313]**

# Introducción

## Motivación y antecedentes

El pensamiento neoliberal, con sus estrategias de Globalización transnacional (Amoroso, 1998; Amin, 2000; Sklair, 2002; Gallina, 2006),<sup>1</sup> ha logrado imponer normas y estándares que no han hecho más que fortalecer el funcionamiento de la empresa global y de la estructura hegemónica de las relaciones internacionales dominadas por los Estados Unidos a través del control de la tríada formada por la Organización Mundial del Comercio (OMC), el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI) y con el respaldo de un aparato militar sin rivales.

La base del pensamiento neoliberal, sea en la versión clásica de Milton Friedman (1962) o en otras más recientes como las de Peter Schwartz y Peter Leiden (1997, 1998), no solo enfatiza que el objetivo principal de la empresa debe ser el de lucrar a favor de sus accionistas, sino también “destruir los sindicatos, privatizar todas las empresas públicas, y dismantelar el Estado de bienestar” (Schwartz y Leiden, 1997: 128).<sup>2</sup> El pensamiento neoliberal considera, de hecho, como único actor a la

1. Amoroso, B. (1998) *On Globalization. Capitalism in the XXI Century*, Macmillan, Londres; Amin S. (2000) “The Political Economy of the Twentieth Century”, *Monthly Review*, Vol. 52, N° 2, June 2000; Gallina A. (2006) “From Globalization to World Welfare: Established and Emerging Global Actors” en Bent Greve (ed.) *The Future of the Welfare State. European and Global Perspectives*, Ashgate, Aldershot; Sklair, L. (2002) *Globalization: Capitalism and its Alternatives*, Oxford University Press, Oxford.
2. Schwartz, P. y Leiden P. (1997), “The Long Boom” en *Wired*, July, pp. 116-129; Schwartz P., Leiden, P. y Hyatt, J. P. (2000) *The Long Boom*, Perseus; Scienziati e scienziati contro la guerra (a cura di) (2005) *Il male invisibile sempre più visibile. La presenza militare come tumore sociale che genera tumori reali*, Odradek, Roma.

empresa (en particular a la gran empresa multinacional y transnacional) afirmando, con un optimismo a-crítico, desmentido siempre por los hechos, que el aumento de los beneficios económicos de la empresa tiene un efecto en cascada (el llamado efecto *trickle down*) que favorecerá antes o después a las personas de todas las naciones.

En el interior del pensamiento neoliberal, tanto la investigación científica y tecnológica como la organización del sistema de educación inferior y superior, son vistas en función de la empresa y de la producción de ventajas económicas, privilegiando de esta manera los proyectos de innovación tecnológica que prometen el más elevado beneficio económico en un corto plazo.

Los resultados de la difusión de este pensamiento desde los Estados Unidos hasta Europa y en el resto del mundo se hacen evidentes si analizamos la trayectoria que han tomado los mercados y la innovación tecnológica desde la revolución industrial.

La innovación, por esto, se convierte en el espíritu del capitalismo moderno y las oleadas de *destrucción creativas* que este origina se justifican en nombre del Dios progreso. La aplicación de los modelos evolucionistas representa el punto culminante de este pensamiento y cada llamado a las “estructuras socioeconómicas” existentes se ha convertido en sinónimo de adherencia a un “mundo imperfecto” y a un pasado romántico. También las meritorias tentativas de explicar la innovación, no necesariamente en un modo determinista y en función de la ganancia económica, sino como resultado del proceso de construcción social que determina una trayectoria “inesperada” a veces positiva y otras negativa, han sido reportadas y explicadas dentro del cuadro del paradigma de la modernización occidental donde la diversidad (de las trayectorias tecnológicas en este caso) se considera una anomalía tolerable, pero siempre una anomalía al fin.

Mas la insostenibilidad del capitalismo y sus rápidos e intensos procesos de innovación que caracterizan a la sociedad del consumo, junto a la insostenibilidad de los procesos de aprendizaje en una sociedad donde el conocimiento es distribuido de forma inadecuada han sido, desde hace mucho tiempo, advertidas por parte de diferentes académicos y políticos.

Baste pensar en las denuncias relativas al costo energético como consecuencia de la manutención del sistema productivo actual en los países desarrollados, o las alarmas relacionadas al costo de la producción de los alimentos para garantizar la dieta omnívora a un quinto de la población mundial, de extensión imposible para los cuatro quintos de personas que quedan con una dieta a base de vegetales, a costo de la destrucción acelerada de los recursos ambientales del planeta.

La historia ha demostrado, además, ya sea en el interior del sistema capitalista o en contextos económicos no capitalistas, que la tecnología y la innovación tecnológica pueden tomar una dirección orientada, en gran medida, a la satisfacción de las necesidades “insatisfechas” y no a la creación de una demanda de necesidades inexistentes. En la misma Europa, cuna del capitalismo, se han desarrollado modelos y experiencias de Estados de bienestar, donde se ha asegurado una gran protección a la población. De esta forma, por ejemplo en los países escandinavos se introdujeron indemnizaciones para los desempleados, pensiones relativamente altas, asistencia gratuita a los grupos vulnerables en sus propias casas (ancianos, discapacitados, etcétera) ya que se verificó que los costes de prevención y asistencia eran menores que el precio de curar a las personas en las instituciones hospitalarias. Todo esto permitió un desarrollo científico-tecnológico y económico que aunque estuviese basado en la lógica del mercado tenía como fundamento valores de asistencia solidarios y universales. Es importante destacar el papel del Estado en ese marco, siendo fundamental en la manutención de altos niveles de demanda en el sector social.

En otros países donde esos sistemas de bienestar existen, pero están menos institucionalizados, se evidencian formas de organización y resistencia a las trayectorias dominantes del mercado y de la innovación tecnológica con la finalidad de responder a las necesidades locales. Y por eso el estudio de ellas se hace más interesante. En otros países donde el sistema productivo está centralizado es posible influir en la dirección que el desarrollo tecnológico debe tomar y la prioridad que la innovación debe satisfacer. Si al centralismo se asocian los principios de solidaridad universal y de sociedad inclusiva, como demuestran los artículos sobre

los casos cubanos del presente libro, la innovación pierde de mira el sentido exclusivo de competir en los mercados mundiales evitando así de suicidarse en un abrazo mortal con la finanza internacional, organizándose para estimular y mejorar —a través de la inclusión social de todas las mujeres y los hombres— todas las fuerzas productivas del país. Este libro tiene como objetivo reflexionar sobre estos aspectos de la innovación que han sido marginados en la literatura y poco documentados empíricamente.

El punto de partida que nos animó a la realización de la presente antología fue, por una parte, la consideración de que la innovación no es un proceso predeterminado y que las trayectorias que nacen y se desarrollan dentro de un paradigma tecnológico no tienen por qué responder necesariamente a las lógicas dictadas por la globalización neoliberal y por otra parte, la ausencia de literatura y estudios de casos que se están llevando a cabo en el mundo y que demuestran la existencia de alternativas a la manera de concebir la innovación tecnológica como en el capitalismo.

El análisis de las trayectorias tecnológicas y del desarrollo humano presentes en este libro emana de la necesidad creciente de llenar un vacío en la elaboración teórica, y en el análisis empírico donde la innovación no sea vista como un medio para lograr altos niveles de competitividad y ganancia en los mercados nacionales y globales sino como un (re)medio para lograr un desarrollo social más equilibrado entre las comunidades y en su relación con el medio ambiente que ofrezca mayores oportunidades a la justicia social y la equidad.

Los textos reunidos en este volumen enfatizan experiencias y teorías de países del Sur, menos presentes en la literatura sobre estos temas. La intención es dar mayor relevancia a experiencias que reflejen estrategias de conocimiento e innovación propias de grupos sociales y comunidades que actúan con relativa autonomía respecto a las tendencias dominantes del desarrollo científico y tecnológico contemporáneo.

El libro es el resultado de un trabajo de reflexión entre varios grupos de investigaciones europeos y de América Latina reunidos alrededor de la Red Lentisco coordinada por el Centro Federico Caffè de la Universidad de Roskilde en el marco de un proyecto de intercambio Alfa. Es

imposible mencionar a todas las personas que de una forma u otra han contribuido y participado durante los debates organizados alrededor de la Red Lentisco. La edición y la traducción de la mayor parte de los textos han sido posibles gracias al trabajo de Félix Valdés, Diana Sainz y Diana Martínez. La cátedra de Posgrado en Sociedad, Ciencia y Tecnología de la Universidad de La Habana –anfitriona del segundo seminario anual de la Red Lentisco sobre “Globalization and Technological Challenges in a Comparative Perspective”– ha contribuido de manera particular durante la realización de este libro.

## Breve presentación de los capítulos

El análisis de la polarización a escala mundial resultante de la globalización neoliberal y el abismo científico y tecnológico existente entre el Sur y el Norte son temas de discusión en el ensayo de Fidel Castro Díaz-Balart y Hugo Pérez Rojas. En el mismo, se analiza el papel de las ciencias básicas, así como la necesidad de adaptar la ciencia y las tecnologías internacionales a las condiciones autóctonas. Los autores estudian el caso de tres países del Sur que comparten el logro común de desarrollar algunas ramas de la ciencia y la alta tecnología como son: India, Brasil y Cuba. La no invariancia de las condiciones locales cuando se aplican recetas generales relativas a la ciencia, la tecnología y el desarrollo económico, son algunas de las temáticas analizadas por los autores, los que afirman que el desarrollo sostenible necesita un conjunto de condiciones críticas o “punto crítico”.

El libro, rico en experiencias latinoamericanas sobre la inclusión social de personas olvidadas por la globalización neoliberal, presenta el caso de los recolectores de materiales reciclables en Brasil. Antonio Bunchaft inicia el artículo describiendo las diferentes situaciones por las que atraviesa este contingente de personas que alcanza ya a casi 1.000.000 de personas en Brasil, número que va en aumento. El autor propone, a lo largo del estudio, alternativas necesarias a favor del diálogo entre estas personas, inmersas en la pobreza más extrema, la sociedad civil, la industria del reciclaje, y el

gobierno brasileño, en pos de la creación de nuevos puestos de trabajo, así como de su inclusión social y económica en la sociedad.

El punto de partida y de base de la contribución Andrea Gallina y Vittorio Capecchi es que el pensamiento neoliberal considera, de hecho, como único actor a la empresa (en particular a la gran empresa multinacional y transnacional), por lo que es lógico afirmar, algo que ya está más que demostrado con los hechos, que la empresa multinacional tiende a invertir en los proyectos de innovación tecnológica que prometen el más elevado beneficio económico en un corto plazo, sin tener en cuenta, por supuesto, el respeto al ambiente, a los derechos humanos, a las culturas y tradiciones que han existido por milenios en varias comunidades locales. En el artículo este tipo de trayectorias tecnológicas están clasificadas como “trayectorias tecnológicas destructivas”. Sin embargo, a lo largo de las páginas del capítulo, los autores demuestran con ejemplos más que documentados, que paralelamente a estos procesos de marginalización, es posible individualizar, en diferentes partes del mundo, experiencias de “trayectorias tecnológicas creativas” que se insertan en los espacios dejados por la “megamáquina” y que se alejan del pensamiento neoliberal, trayectorias que como su nombre lo dice toman en cuenta principios sociales, de solidaridad y bienestar para el mayor número posible de personas a través de modos alternativos “creativos”.

En su contribución Helena Lastre y José Eduardo Cassiolato exploran las especificidades del nuevo patrón de acumulación intensivo en información y conocimiento, privilegiando la óptica de los países menos desarrollados. Después de discutir la necesidad y las dificultades de desarrollar y usar nuevos enfoques analítico-propositivos, presentan el concepto de arreglos y sistemas productivos e innovativos, examinando su capacidad de proveer un mejor entendimiento y orientación de las políticas de promoción de los procesos de generación, adquisición y difusión de conocimientos en los mismos.

El papel del conocimiento en los sistemas económicos contemporáneos es discutido por Agustín Lage, ofreciendo, desde la perspectiva de la experiencia cubana, una visión sobre la nueva posición del conocimiento y su generación en tales sistemas. El autor explora las características

del conocimiento como recurso y discute su apropiación y expropiación así como los desafíos y oportunidades que plantea la economía del conocimiento para los países subdesarrollados. Finalmente, revela una experiencia de desarrollo científico-técnico y económico basado en el conocimiento, en el contexto de un sistema socialista y desde la perspectiva de compromiso social de sus actores.

En el último lustro la Educación Superior cubana ha ampliado considerablemente las posibilidades de acceso de los estudiantes, hasta alcanzar niveles superiores al 50%. De este modo la universidad se vuelve más pertinente y contribuye a los objetivos de equidad y justicia social inherentes al proyecto social cubano. Para ello ha sido preciso transformar la base institucional de las universidades y se han creado Sedes Universitarias Municipales (SUM) en todos los municipios del país. Al reflexionar sobre el papel de la “nueva universidad” emergente, Jorge Núñez Jover, Luis Montalvo Arriete e Isarelis Pérez Ones, exploran sus posibilidades en la gestión del conocimiento y la innovación orientado al desarrollo social de los territorios.

El panorama de la ciencia y la tecnología en Cuba y sus conexiones con la educación, la salud, el desarrollo económico y la participación pública, es presentado por Núñez Jover, Fernando Castro Sánchez, Pérez Ones y Montalvo Arriete, al abordar sintéticamente, algunos de los rasgos más visibles del desarrollo tecnocientífico cubano, procurando siempre mostrar su orientación social. En el esfuerzo por contribuir a una mejor conexión entre universidad, innovación y desarrollo social, se muestra la experiencia de la Universidad de La Habana.

Han transcurrido más de dos décadas desde el momento en que Cuba comenzó la introducción y el desarrollo de las técnicas modernas de la biotecnología. Lo que inicialmente fue una esperanza, es ahora una realidad científica, productiva y económica para Cuba. La bioinformática como “herramienta” que acude en auxilio de la biología es presentada por Juan Pedro Febles Rodríguez, ofreciéndonos un panorama actualizado sobre este campo del conocimiento. En tal sentido, el autor nos presenta precisiones conceptuales sobre bioinformática, las investigaciones que se desarrollan actualmente y las perspectivas más inmediatas. Asimismo,



describe algunos de los pasos dados en Cuba para su desarrollo y enfatiza en las perspectivas del país para los próximos años, basado esencialmente en el potencial humano disponible.

El libro continúa en su capítulo nueve con un análisis crítico de la nanotecnología, una de las llamadas tecnologías de “punta”, por Gian Carlo Delgado. ¿Qué es la nanotecnología y qué significa su transferencia a los países del Sur del globo? El autor hace un análisis detallado de las características de la nanotecnología, el contexto y la modalidad en la que ésta es desarrollada, así como de los potenciales beneficios que pudiese brindar, aunque manifiesta sus dudas a la hora de transferir esta tecnología a los países más pobres en un corto y en un mediano plazo, debido al potencial de la misma de incrementar, aún más la división económica y tecnológica entre ricos y pobres.

En el capítulo de Rodrigo Arocena y Judith Sutz se debate cómo en América Latina, y probablemente también en otras regiones de lo que antaño se denominaba el “Tercer Mundo”, la problemática del desarrollo está cobrando nueva actualidad. Relegada durante demasiado tiempo, vuelve a escena impulsada por los fracasos de las políticas dominantes desde la década de 1980 y, sobre todo, por las urgencias sociales y los reclamos ciudadanos consiguientes. La labor académica debe colaborar, con tanta modestia como tesón, a la búsqueda de alternativas mejores a las hasta ahora ensayadas. Según los autores hace falta promover un gran debate y como contribución al mismo, sintetizan a lo largo del artículo una línea de investigación que lleva a ciertas sugerencias para un *nuevo desarrollo*.

El investigador argentino Esteban Tapella, analiza la cuestión de la innovación y la adopción tecnológica en el medio rural, que aunque aparezca cada vez con más frecuencia en la agenda de prioridades de los organismos vinculados al desarrollo y la extensión rural, su transferencia ha sido notablemente cuestionada, en especial por su limitada eficacia y eficiencia a la hora de generar mejoras productivas sustentables. Es por esto, que a lo largo del ensayo el autor sugiere entre una serie de propuestas, el uso del enfoque del *espacio tecnológico* como forma

de encontrar tecnologías apropiadas y coherentes para cada realidad y contexto particular.

El libro concluye, así, sin dar respuestas a las dudas iniciales: ¿Cómo se puede reportar la innovación tecnológica dentro de un cuadro de desarrollo humano? Aunque el objetivo del libro esté lejos de dar una respuesta absoluta a esta interrogante, los capítulos recogidos en esta antología ofrecen las bases para reflexionar sobre la necesidad de estudiar más a fondo las trayectorias tecnológicas creativas y cómo éstas pueden multiplicarse en aras de construir una sólida alternativa al neoliberalismo.

*Andrea Gallina*  
*Jorge Núñez Jover*  
*Vittorio Capecchi*  
*Luis Félix Montalvo Arriete*

La Habana, Roskilde, Bolonia  
Mayo 2006



# **Globalización, ciencia y desarrollo. Comprender el desafío a partir de una experiencia latinoamericana**

**FIDEL CASTRO DÍAZ-BALART  
HUGO PÉREZ ROJAS**

## **Introducción**

El presente trabajo aborda el estudio del desafío de la civilización, haciendo hincapié en particular en el llamado, eufemísticamente, “mundo en desarrollo”. Los temas de nuestro estudio son la globalización y la sostenibilidad, el creciente abismo existente entre ricos y pobres y sus consecuencias para la ciencia y la tecnología; así como qué puede hacerse: el papel de la ciencia y la educación y el desarrollo humano. Aunque los autores parten de su experiencia en América Latina, y en especial en su propio país, Cuba, también analizan otros ejemplos específicos, como Argentina, Brasil y la India. El lector encontrará varios aspectos abordados en este trabajo que se discutieron en un reciente artículo de Seralgedin (Seralgedin, 2002).

La actual dinámica del mundo se caracteriza por el entrelazamiento de los papeles que desempeñan diversas variables, entre ellas la globalización, la ciencia y la tecnología, el desarrollo, las políticas y los recursos financieros. En este trabajo nos concentraremos esencialmente en las tres primeras, pues los temas de las políticas y los recursos financieros merecen un análisis independiente. Como consecuencia de nuestro

estudio, se ofrecen algunas recomendaciones relativas a la ciencia y la tecnología, así como al desarrollo humano.

El trabajo se estructura del siguiente modo: la primera sección está dedicada al tema de la globalización como paradoja de nuestro tiempo en un mundo fuertemente polarizado y sus diferentes consecuencias, como el crecimiento demográfico, la creciente demanda de energía, recursos hídricos y productos farmacéuticos. En la segunda sección se analiza el abismo científico y tecnológico existente entre el Norte y el Sur y se ofrecen sugerencias sobre la adaptación de la ciencia y la tecnología internacionales a las condiciones autóctonas. Se pone de relieve el papel de las ciencias básicas. La tercera sección aborda el caso de tres países del Sur –India, Brasil y Cuba– que comparten un logro común: han desarrollado por sí mismos algunas ramas de la alta tecnología. La cuarta sección versa sobre la diversidad de condiciones locales que hay que tomar en cuenta para hacer frente al desarrollo de la ciencia, la tecnología y la economía en los países del Sur, así como la sugerencia de un “Principio de No Invariancia”, como una idea tomada de las ciencias físicas. Se sugiere que el desarrollo sostenible exige un conjunto de condiciones críticas que pueden compararse a “una transición de fase” en física, como un cambio en la organización dinámica de un sistema. En la quinta sección se ofrece un conjunto de recomendaciones.

## **La globalización: un fenómeno de polarización con múltiples consecuencias**

Los avances tecnológicos en la esfera de las comunicaciones han posibilitado conocer en un instante qué sucede en un hogar, una fábrica o una bolsa de valores situada al otro lado del mundo (World Development Report, 2000). La creciente importancia de los servicios y la información en la economía mundial implica que una creciente proporción de los valores económicos son intangibles, esto es, que pueden transmitirse a través de un cable de fibra óptica y no necesitan transportarse en un buque portacontenedores. Los avances de la informática han facilitado la gestión

de estas nuevas interconexiones. Las compañías multinacionales en la actualidad se basan en cadenas productivas que se extienden por muchos países. Las decisiones de los consumidores de varias ciudades se convierten en una información que repercute de inmediato sobre los productos que se fabrican –y los estilos que influyen sobre ellos– en todo el planeta. La elevación de los niveles educacionales y las innovaciones tecnológicas, que permiten que las ideas circulen, han contribuido a promover la educación. Globalización significa la creciente interdependencia de los pueblos del mundo (Human Development, 1999). En principio, ello parece que ofrece grandes oportunidades para enriquecer las vidas de las personas y crear una comunidad mundial basada en valores compartidos. Pero el hecho cierto es que los mercados dominan el proceso y los beneficios y las oportunidades no se han compartido de manera equitativa.

Este nuevo mundo bipolar globalizado experimenta un notable desequilibrio: el “Polo Norte” posee el 20% de la población mundial y los ingresos más altos, el 86% del Producto Bruto Interno (PBI), el 82% de los mercados de exportación, el 68% de las inversiones extranjeras directas y el 74% de las líneas telefónicas del mundo; el “Polo Sur”, con el 80% de la población mundial, que vive en los países más pobres, tiene porcentajes del orden de la unidad en cada categoría.

A inicios del nuevo milenio, tres secretos básicos de la naturaleza siguen siendo una incógnita: el origen del universo, el origen de la vida, y la conciencia humana. Además, ante la humanidad se alzan dos preguntas que constituyen retos (Castro Díaz-Balart, 2001): ¿Cuál será la suerte de la evolución humana ante el creciente deterioro de nuestro ecosistema? ¿Cuáles son las probabilidades de supervivencia humana si se mantienen las actuales condiciones de cambio climático inducidas por la contaminación?

El crecimiento de la población humana y la creciente demanda de energía se analizan en un trabajo de Maurizio Cumo y Giorgio Simbolotti (Cumo y Simbolotti, 2001). Estos autores ofrecen el cálculo probabilístico de que para 2100 la población aumentará en 0,8%, o sea, entre nueve y trece mil millones. No se prevé crecimiento alguno en América del Norte, ni en Europa oriental, ni en la antigua Unión Soviética. Ello significa que todo el crecimiento tendrá lugar en los países en desarrollo, los que

casi duplicarán su población. Se observará una tendencia creciente a la urbanización, del 45% actual a un 75-80%. (Véase Gráfico 1).

Se estima que entre 2030-2100 la demanda de energía duplicará el actual consumo de ésta, 10 Gtoe (Gtoe=Giga toneladas equivalente de petróleo; esto es, el equivalente de mil millones de toneladas de petróleo). (Véase Gráfico 2).

Los países del Sur afrontarán un problema complejo que tiene dos soluciones alternativas: los aspectos financieros y tecnológicos relativos a la producción de esos crecientes volúmenes de energía. Las dos soluciones posibles son: el uso extensivo de las energías nuclear y no convencional, que exige grandes inversiones, y la utilización, más barata, del combustible fósil.

Una consecuencia de esta segunda alternativa sería el aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$ , que provocaría un aumento de la temperatura mundial de  $4^\circ \text{C}$  para el año 2100, si el combustible fósil fuera el más utilizado.

Esa gran utilización de los combustibles fósiles tendría consecuencias catastróficas sobre el clima, el nivel del mar aumentará entre 15 y 95 cm. Una proporción significativa (de aproximadamente el 30%) de las actuales zonas con cobertura forestal experimentarán cambios importantes de amplios tipos de vegetación. Es probable que los desiertos se hagan más extensos.

Gráfico 1. Crecimiento mundial

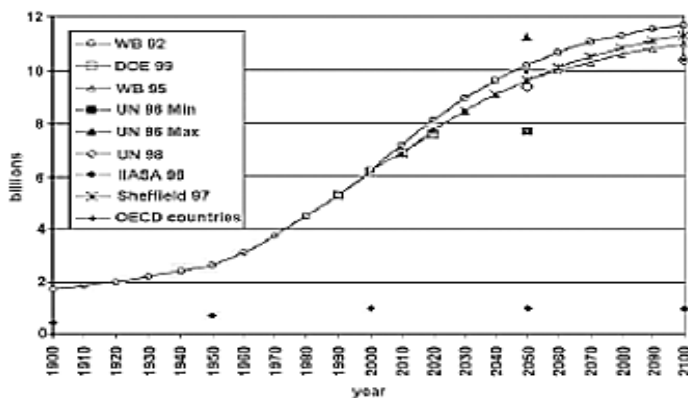
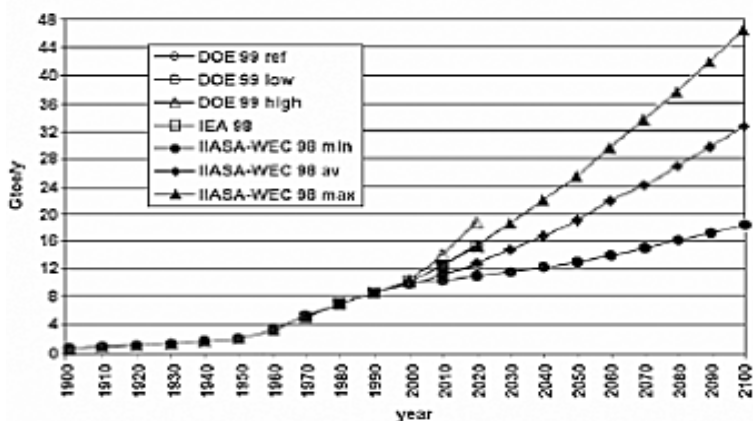


Gráfico 2. Demanda mundial de energía



Un dilema ético fundamental que plantea el fenómeno del cambio climático consiste en que se pide a la actual generación de personas encargadas de tomar las decisiones que den respuesta a una amenaza que no los afectará seriamente, pero tendrá graves repercusiones sobre sus hijos y nietos.

En su trabajo, J. A Cherni (Cherni, 2001) discute esta desconcertante contradicción entre el éxito del desarrollo económico regional y la degradación ambiental con sus negativas consecuencias para la salud humana.

El caso de los recursos hídricos se presenta de modo dramático para el siglo actual. En el mundo en desarrollo, el 80% del agua se destina a la agricultura, proporción que no es sostenible; y en 2015, un grupo de países en desarrollo serán incapaces de mantener sus niveles de irrigación en la agricultura. La siguiente cita pertenece a un informe reciente (Global Trends 2015, 2000): “Para 2015 casi la mitad de la población mundial –más de tres mil millones de personas– vivirán en países con “estrés hídrico”, teniendo menos de 1.700 metros cúbicos de agua per cápita al año, lo que ocurrirá mayormente en África, Oriente Medio, Asia meridional y China septentrional”.



“El bombeo excesivo de las aguas subterráneas en muchas de las regiones cerealeras importantes del mundo será un problema creciente; para producir una tonelada de cereales se necesitan unas 1.000 toneladas de agua. El manto freático de algunas de las principales zonas cerealeras de China septentrional se reduce a una tasa de cinco pies al año, y en la India, a un ritmo medio de 3 a 10 pies por año.”

“Las medidas adoptadas para aumentar la disponibilidad de agua y aminorar la escasez –empleo del agua con mayor eficiencia, aplicación más extensa de la desalinización, desarrollo de cultivos modificados genéticamente que requieran menos agua o más agua salobre, e importación de agua– no serán suficientes para modificar de manera sustancial la previsión sobre el déficit de agua en 2015. Muchas de esas medidas resultarán caras; no es probable que políticas destinadas a aplicar precios más realistas al agua se generalicen en los próximos quince años, y el subsidio del agua es un tema delicado desde el punto de vista político para muchos de los países de bajos ingresos donde ésta escasea, porque sus poblaciones esperan tener agua a bajos precios.”

El problema de los recursos hídricos exige que se investigue la dinámica del acuífero, para lo que se necesita la hidrología isotópica. En la actualidad este problema es tema de investigación en algunos países del Tercer Mundo (Amha, 2001, Kabir, 2001).

En relación con el coeficiente de desarrollo económico y el abismo humano del Sur, tomamos como ejemplo a América Latina, una región del Tercer Mundo que es resultado de mezclas de personas y culturas de España y Portugal (y en determinado grado de otros países de Europa, África y Asia) con la población nativa después de 1492. En su devenir histórico, tras haberse independizado de España y Portugal, América Latina ha sufrido con frecuencia inestabilidad política y económica. En épocas más recientes su crecimiento económico ha ido en descenso. Se ha reconocido que en el período 1950-1970 su crecimiento económico se encontraba entre el 5,5 y el 6%; de 1980 a 1990, fue del 1%; y de 1990

a 1999, de alrededor del 3,3%, muy por debajo de lo que prometían las reformas y la reestructuración económica (Martínez, 2001). En un grupo de países latinoamericanos el ingreso per cápita era inferior al de diez años antes. Fue el segundo decenio consecutivo de aumento de la pobreza de América Latina en su conjunto. En otras palabras, en 2000 la región era más pobre que en 1980. La distribución de los ingresos y la riqueza sigue deteriorándose en una región plagada por enormes desigualdades.

En el Informe sobre Desarrollo Humano publicado por el PNUD en 1999, se indicó que América Latina era la región del mundo con la peor distribución del ingreso, y que estaba situada a una distancia de 19 veces entre el 20% más rico y el 20% más pobre.

La tasa de homicidios es la mayor del mundo: 300 por cada millón de habitantes, con lo que se duplica la media mundial, como consecuencia de las desigualdades sociales agravadas por la estricta y disciplinada obediencia a las recetas neoliberales de reformas del mercado impuestas a América Latina en los últimos veinte años.

Por una parte, miles de reclusos viven tras las rejas de las prisiones; por la otra, hay miles que no están en las cárceles pero viven tras las rejas de las prisiones en que se han convertido sus hogares debido a la falta de seguridad. Han proliferado cuerpos de seguridad privados para proteger las casas de los ricos, como castillos sitiados, rodeados por las viviendas de los más pobres. Esta es la consecuencia más auténtica de las repetidas crisis económicas a las que siguen, inevitablemente, reformas del mercado que sirven meramente para que los ricos se vuelvan aún más ricos y los pobres aún más pobres. En la mayoría de los casos, la relación costo-beneficio constituye el patrón absoluto de la cura adoptada para cualquier crisis.

Existe una gran distancia entre las vidas de los pobres y el mundo abstracto de la teoría económica moderna, basada en los modelos de los países más avanzados. Empero, creemos que la educación, la ciencia y la tecnología deben usarse como herramientas para erradicar la pobreza y las desigualdades y globalizar el bienestar.

La globalización tiene mayores consecuencias en relación con los productos farmacéuticos. Por ejemplo, la Asociación de Fabricantes Sudafricanos de Productos Farmacéuticos llevó a su gobierno ante los tribunales cuando éste propuso una ley para permitir que el país produ-

jera e importara versiones genéricas de medicamentos contra el sida que resultaban mucho más baratos que los producidos por las firmas internacionales que son miembros de la Asociación. Los derechos sobre la propiedad intelectual, reconocidos por la OMS, establecen que los Estados miembros están obligados a entregar los derechos de comercialización exclusivos durante veinte años a los titulares de las patentes farmacéuticas. Se plantea que hay que proteger las patentes para estimular la investigación, extremadamente costosa. La industria farmacéutica esgrime que el costo derivado de la introducción de un nuevo producto en el mercado es de unos 500 millones de dólares. Resultado: los pacientes de los países más pobres por lo general no pueden financiar su tratamiento médico.

Por ejemplo, el tratamiento con antiretrovirales producidos en países occidentales cuesta entre 10.000 y 15.000 dólares anuales por persona en Sudáfrica, una suma inaccesible para los países pobres. Algunos de esos países han comenzado a producir copias de medicamentos de firmas reconocidas, incluso violando las normas de la OMS.

Luego de retirar su demanda contra el gobierno sudafricano, las compañías en cuestión optaron por establecer programas de cooperación que facilitarán la adquisición de tratamientos contra el VIH en los países africanos. Hay que tener en cuenta que de los 36 millones de ciudadanos del mundo que padecen sida, 25 millones viven en África.

## **Diferencias entre el Sur y el Norte en materia de ciencia y tecnología**

En un mundo donde la globalización y la competitividad constituyen la regla, el progreso exige que los países en desarrollo encuentren esferas en las que son considerablemente mejores que sus competidores, por tener una fuerza de trabajo mejor preparada, recursos naturales favorables o capacidades científicas y tecnológicas. La ciencia y los científicos pueden desempeñar un importante papel al determinar esas opciones y ejecutar estrategias de desarrollo, pero a los gobiernos, la industria nacional y los líderes de la comunidad financiera les corresponde desempeñar un gran papel. De este modo, los encargados de la toma de decisiones han

de adoptar decisiones políticas, principalmente en el Sur (Salam, 1989) destinadas a dar los pasos necesarios para que esos pueblos creen, dominen y utilicen la ciencia y la tecnología modernas. (Las secciones segunda y tercera se analizan con mayor amplitud en un trabajo anterior de los presentes autores (Castro Díaz-Balart y Pérez Rojas, 2000)).

Salam distingue cuatro esferas de la ciencia y la tecnología civiles, a saber: a) Ciencias básicas (física, química, matemáticas, biología, ciencias médicas básicas). Los países en desarrollo, con algunas excepciones, han sido negligentes en este ámbito, partiendo de la hipótesis de que pueden aprovecharse de los resultados obtenidos por otros en las ciencias básicas. b) Ciencias aplicadas (agricultura, medicina, energía, incluidas la energía nuclear, solar y no convencional, el medio ambiente y la contaminación y las ciencias de la tierra). Pese a su contenido tecnológico, requieren investigaciones científicas. Aunque están mucho más desarrolladas en el Norte, los países en desarrollo, en ocasiones, poseen alguna base para su desarrollo. c) Tecnologías “bajas” convencionales (la industria química, la industria del hierro y el acero y otros metales, la tecnología del petróleo, generación de energía, etcétera). Esta esfera, que maneja grandes volúmenes de materiales y energía, no requiere principios científicos nuevos. Sin embargo, los trabajos de desarrollo relativos al diseño, la adaptación y la modificación podrían ser importantes, pero de ellos pueden encargarse ingenieros y técnicos capacitados. d) “Altas” tecnologías basadas en la ciencia (nuevos materiales, comunicaciones, ciencia espacial, productos farmacéuticos especializados y biotecnología). La alta tecnología se diferencia de la baja en que la primera necesita personal con elevados conocimientos de las ciencias básicas (como física, química, biología o matemáticas). Los materiales utilizados son mínimos en cuanto a su tamaño y volumen.

Aunque las investigaciones aplicadas, así como la baja y la alta tecnología poseen una importancia y pertinencia inmediatas, siempre requieren una masa crítica en varias ciencias básicas, gestión y financiación permanente y cooperación internacional o experiencia local.

Los países desarrollados invierten entre el 2 y el 5% de su PBI en investigaciones, desarrollo y ajuste, adaptación y aplicación de ciencia y

tecnología, mientras que los países en desarrollo destinan a los mismos objetivos entre el 0,3 y el 0,5% del PBI. La diferencia es notable.

La adaptación de la ciencia y la tecnología internacionales por parte de los científicos del Sur tiene una importancia primordial. Deben trabajar para adaptar y desarrollar las tecnologías existentes que son apropiadas para las condiciones de sus países, ayudar a fortalecer la educación, y ampliar sus funciones como asesores del gobierno y la industria. Goldemberg hace una recomendación especial en este sentido (Goldemberg, 1998). En este contexto, la fuga de cerebros que se produce cuando los científicos no se encuentran en contacto con los problemas de sus países de origen o cuando chocan contra la indiferencia —y el pobre apoyo financiero— de sus gobiernos, puede evitarse. Incluso cuando las tecnologías se importan del extranjero, se necesitan investigaciones para hacerlas funcionar, y en lugar de insistir en desarrollar tecnologías autóctonas, cuando ya existen tecnologías abundantes y probadas, los científicos pueden ayudar a seleccionar las más adecuadas, considerando las condiciones locales y las materias primas disponibles, y aprender a utilizarlas.

Podemos resumir este planteamiento afirmando que, excepto para las esferas de la ciencia en que el objeto de investigación tiene un carácter universal, como es el caso de la matemáticas y la mayor parte de la física teórica, el trabajo de las ciencias (básicas y aplicadas) de patrones internacionales debe realizarse en el Sur, adaptando, no obstante, los temas de desarrollo a los programas y las necesidades nacionales o regionales. Ello tiene como objetivo contribuir a adaptar las tecnologías establecidas, incluidas tecnologías autóctonas que tienen normas internacionales.

Es necesario incorporar la nueva ciencia a la educación y que los científicos participen en el gobierno en una relación más estrecha con la economía del conocimiento. Como el desarrollo requiere de una fuerza de trabajo bien preparada, debe establecerse una educación de alta calidad en las edades tempranas del desarrollo.

La enseñanza de la ciencia moderna en las escuelas de ingeniería o ciencias médicas no puede restringirse a los viejos libros de textos clásicos, sino tiene que llevarse a cabo por científicos activos, capaces de transmitir a sus estudiantes los últimos adelantos de la ciencia. Este enfoque funcionó bien en el siglo XIX durante la restauración Meiji que introdujo

a Japón al mundo moderno. Finalmente la ciencia y los científicos, la innovación y los ingenieros son elementos importantes en las opciones que eligen y las decisiones que adoptan los gobiernos y pueden marcar la diferencia. También resulta esencial que los países en desarrollo creen un sistema que premie la solución de los problemas prácticos. Sucede que para solucionar muchos problemas aparentemente se necesitan medios y tecnologías muy refinados. Y la ciencia puede acelerar el progreso. La transición de un país en desarrollo a la condición de país desarrollado es un proceso complejo que exige el enfrentamiento a los intereses creados en la sociedad. Obviamente, el impulso para lograrlo tiene que venir no solo de los científicos, sino también de otros sectores de la sociedad.

Debemos subrayar que aunque algunos países del Sur, como Brasil, China, Cuba y la India, en ocasiones han sido capaces de utilizar los resultados de su propia tecnología en sus industrias nacionales, tal situación no es típica de los países del Tercer Mundo. El desarrollo de la ciencia y la tecnología es una condición necesaria, pero no suficiente. Hay experiencias relativas al desarrollo de tecnologías de alta calidad en algunos países del Tercer Mundo cuyas industrias nacionales fueron incapaces de utilizarlos, o no estuvieron interesadas en hacerlo, y el logro tecnológico escapó al Norte. La acción de los gobiernos debe desempeñar un importante papel mediante la creación de instituciones destinadas a evitar tales casos. Empero, es la acción de los líderes de la ciencia y la tecnología la que puede ayudar a cruzar la barrera de la subestimación de la ciencia y la tecnología autóctonas, mediante el apoyo a la innovación, a la expansión industrial y al desarrollo económico.

Las ciencias básicas son esenciales para el desarrollo. El profesor M. Virasoro (Virasoro, 2000) ha indicado que cuando los organismos internacionales financian proyectos destinados a objetivos concretos, deberían al mismo tiempo contribuir a la creación de un sistema científico sólido, de modo que el conocimiento se transfiera con eficacia. Virasoro insiste en que aunque la investigación aplicada es pertinente e importante, siempre requiere de una masa crítica de varias ciencias básicas, gestión y financiación continuada y cooperación internacional o experiencia local. Una consecuencia natural de lo anterior es que un buen cimiento en cuanto a ciencias básicas resulta un ingrediente importante.

Si hay un número adecuado de personas dedicadas a las ciencias básicas, instruirán a los investigadores jóvenes, quienes se beneficiarán de los proyectos de investigaciones aplicadas. También en muchos casos los científicos de los países en desarrollo dedicados a las ciencias básicas se han enfrascado en proyectos de investigaciones aplicadas. Por último, pero no por ello menos importante, vale decir que las ciencias básicas, siendo ante todo académicas e internacionales por antonomasia, están sometidas al severo y transparente control de calidad que cada sociedad tiene derecho a esperar.

En los países desarrollados se reconoce cada vez más la importancia de la enseñanza de las ciencias básicas, en particular de la física y las matemáticas, en los diferentes niveles educacionales. Hace algunos años se puso en boga la idea de que los jóvenes recibían una instrucción que rebasaba las necesidades sociales de los países. Esa idea ha perdido validez en tal grado que en la actualidad la preocupación de Occidente se centra en no ceder puestos de trabajo e industrias a los competidores de las nuevas economías, de Asia sudoriental y otras, cuyo éxito se basa en los resultados de la capacitación siempre creciente de su fuerza de trabajo mediante fuertes programas de ciencias básicas.

A fin de ilustrar la correlación existente entre el desarrollo impetuoso y el rendimiento escolar cabe citar dos artículos publicados en la revista *The Economist*, en su emisión de marzo de 1997, sobre los resultados del Tercer Estudio de Matemáticas y Ciencias, que muestra la importancia que sus autores atribuyen a las ciencias básicas desde el punto de vista económico. El estudio consiste en pruebas realizadas a estudiantes de 13 años de 41 países, de los cuales Singapur, Corea del Norte, Japón y Hong Kong ocuparon los cuatro primeros lugares, en ese orden, en el conocimiento de las matemáticas. En ciencias, los vencedores fueron Singapur, la República Checa (país altamente industrializado desde los inicios del imperio austro-húngaro), Japón y Corea del Sur. Resultó muy sorprendente que los Estados Unidos ocuparan el 28° y 17° lugares respectivamente en esas pruebas.

También puso de relieve el hecho de que países como Japón y Suiza prestan más atención al buen aprendizaje de la aritmética que a una

introducción temprana de los estudiantes en el mundo de las matemáticas avanzadas.

Debemos subrayar, asimismo, la creciente aplicación de la física y las matemáticas al resto de las ciencias, como es el caso de las ciencias sociales. Esas ciencias requieren, cada vez más, algunas nociones básicas de física y matemáticas. No se concibe una economía avanzada sin un profundo conocimiento de temas como las ecuaciones no lineales, la teoría del caos y otros temas modernos, como la teoría de los sistemas complejos. Sin embargo, en términos generales, la enseñanza de la física en las universidades de nuestros países no está actualizada, en particular en los cursos de ingeniería y en la formación de profesores de física para las escuelas secundarias básicas. En cuanto a las matemáticas son válidos planteamientos similares.

En la era de la revolución de la informática, la característica común de la nueva economía es que se basa en un mayor nivel de conocimiento, manipulación e intercambio de la información que antes. Y ello solo puede lograrse mediante una capacitación científica cada vez mayor de los trabajadores.

## **La alta tecnología como el núcleo de fuerza de una nación**

La India, Brasil y Cuba –dos países muy grandes y uno pequeño del Sur– poseen no obstante, un importante rasgo común: han desarrollado una alta tecnología autóctona que, como un núcleo fuerte, es la base del desarrollo futuro de cada uno de esos países. La India y Brasil son muy conocidos por sus logros en la informática, así como en las investigaciones espaciales y la energía nuclear. A Cuba se le reconoce por sus alcances en la biotecnología y las ciencias biomédicas. En esta sección reflexionaremos sobre la pregunta de qué es necesario hacer para que la India sea un país desarrollado en el año 2020, así como sobre sus logros específicos en la informática; analizaremos también la opinión de tres prominentes científicos brasileños respecto del desarrollo de Brasil; y



finalmente, examinaremos el desarrollo de la educación, la ciencia y la tecnología en Cuba en los últimos cuatro decenios.

En el caso de la India, entre las vías para alcanzar el desarrollo, mencionamos las recomendadas por los profesores Kalam y Rajan (Kalam y Rajan, 1998). Su libro fue el resultado de la asociación de los autores con una organización novel: el Consejo para la Información, el Pronóstico y la Evaluación de la Tecnología (TIFAC, en inglés), que emprendió un importante trabajo denominado Visión de la India hasta 2020. Los autores respondieron a la siguiente pregunta: ¿Qué necesita la India para convertirse en un país desarrollado en el año 2020? En este sentido centraron su atención en los llamados imperativos tecnológicos. Tomaron en consideración tres dimensiones dinámicas necesarias para desarrollar las fuerzas productivas nacionales, a saber, el pueblo, la economía en general y los intereses estratégicos, junto con una cuarta dimensión: el tiempo.

Los autores subrayaron que cualquier país que aspire a ser desarrollado debe tener la capacidad de perfeccionarlas continuamente con sus propias fuerzas creativas. Aunque los vínculos entre las tecnologías y los puntos fuertes económicos se han investigado bien durante más de dos decenios, y los imperativos económicos relativos a la adquisición de fuerzas tecnológicas son prioritarios, esta conexión no ha entrado a formar parte de la mentalidad de muchos de los líderes de los gobiernos, la industria o de cualquier otra esfera. Los autores insistieron en que una India que aspira a convertirse en un factor muy importante en términos de comercio y de aumento del PBI no puede lograr esos objetivos sobre la base de proyectos llave en mano diseñados y contruidos en el extranjero o solo mediante importaciones de larga escala de maquinaria, equipo y *know-how* para la industria. Sin dejar de estar alerta respecto de las realidades a corto plazo del país, las estrategias a mediano y largo plazo destinadas a desarrollar el núcleo de fortalezas tecnológicas de la industria son vitales para que la India llegue a ser desarrollada. Sus estudios indican que esta visión para la nación sólo es posible mediante la determinación de las fortalezas que constituyen ese núcleo.

De este modo, cuando se analizan las cuatro dimensiones: –1. pueblo, 2. economía, 3. fortalezas estratégicas y 4. capacidad para mantenerlas y mejorarlas durante períodos muy prolongados en el futuro–, parecería que

el dominio de las tecnologías es el cometido clave al cual el país y su pueblo tienen que conferir importancia. Esto debe considerarse la verdadera esencia del desarrollo. Los autores concluyeron que una India que aspira a alcanzar la condición de país desarrollado debe tener una visión tecnológica.

La India es uno de los países en desarrollo que más se ha beneficiado de la revolución digital. Se espera que para 2008 su industria de *software* se incremente en unas ocho veces, para alcanzar 85 mil millones de dólares (Annan, 2000). La industria ha generado un volumen considerable de empleos y riqueza, creando un nuevo cuadro de empresarios de alta tecnología. La compañía india Infosys Technologies ha experimentado un aumento del décuplo de su valor desde que se incorporó a la bolsa Nasdaq de los Estados Unidos en marzo de 1999.

Las inversiones extranjeras han acelerado la revolución del *software* de la India, a la que ha contribuido la liberalización económica y la creación de parques tecnológicos de *software* apoyados por el gobierno. La India también posee un gran número de profesionales del *software* que se desplazan por todo el mundo. Las compañías indias se han convertido en líderes mundiales en el diseño de portales y aplicaciones con base en la web y han esquivado con éxito las demoras burocráticas y la atrasada infraestructura, al construir sus propios sistemas de telecomunicaciones y transmitir sus productos de *software*, mediante satélites, a todo el mundo.

En la India, el acceso a internet también crece rápidamente y se estima que unos seis millones de personas de la India usarían internet en 2001, con la ayuda de la liberalización de los sectores de las telecomunicaciones y la informática.

Empero, la India, como tantos otros países, sigue afrontando el desafío del “abismo digital”. Sigue existiendo una gran diferencia dentro del país entre los que son parte de la revolución de internet y los que no lo son. En vísperas del cincuenta aniversario de la India como república constitucional, el presidente del país advirtió que su país “poseía una de las mayores reservas de personal técnico del mundo, pero también la mayor cifra de analfabetos, la mayor cifra de personas que se encuentran por debajo de la línea de pobreza y el mayor número de niños que padecen malnutrición”.

El éxito de la India en la revolución de la información se relaciona directamente con el alcanzado en la graduación de grandes cantidades

de personal técnico calificado y científico. Las redes informáticas que esos graduados construyen poseen un enorme potencial para difundir los beneficios de la educación entre los menos afortunados.

Hasta el momento, el desarrollo de la ciencia en América Latina ha estado financiado en primer término por los gobiernos, a los que corresponde más del 80% de ese financiamiento. Los Estados, más que guiar la investigación, han limitado sus esfuerzos a apoyar el crecimiento de la comunidad científica mediante becas o programas universitarios y financiamiento para algunos proyectos de investigaciones.

La limitada capacidad económica de la región constituye un obstáculo para la inversión en la investigación y desarrollo, que constituye apenas el 0,3% del PBI. Ningún país de América Latina se encuentra entre los primeros 20 por el número de patentes (la participación mundial es del 0,2%); no obstante, en países como Argentina, Brasil, México y Cuba se realizan actividades de investigación de excelencia, e incluso innovaciones.

En el presente, Brasil se encuentra en el grupo de los países del Tercer Mundo más avanzados en materia de ciencia y tecnología, y ha alcanzado logros importantes en varias ramas de la ciencia, como la física nuclear y de partículas, materia condensada, investigaciones espaciales, electrónica, comunicaciones e informática. Entre sus diferentes institutos y universidades mencionaremos el Centro Brasileño de Investigaciones Físicas (CBPF) y el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). El Centro Latinoamericano de Física (CLAF), respaldado por los gobiernos de América Latina y situado en el CBPF, se dedica a apoyar becas y proyectos de investigaciones, así como reuniones científicas. A continuación citamos los puntos de vista de algunos científicos brasileños.

José Goldemberg, en su trabajo (Goldemberg, 1998) insiste en que los científicos deben trabajar para adaptar y desarrollar tecnologías adecuadas a las condiciones locales, incorporar la nueva ciencia a la educación y participar en el gobierno. También analiza errores relacionados con la conexión entre ciencia, tecnología, producción y mercados. “En Brasil, el uso del etanol como combustible es un ejemplo de cómo puede funcionar este enfoque. Alentando la amplia utilización del etanol producido a partir de la caña de azúcar –cultivo tradicional del país– como combustible para sustituir la gasolina, el gobierno de Brasil pudo sustituir la mitad de la

gasolina empleada en los automóviles en el país (unos 200.000 barriles de etanol al día) con una fuente de energía renovable. De este modo, Brasil se convirtió en pionero en una esfera que los países industrializados habían menospreciado. Toda la tecnología, desde la fase agrícola hasta la industrial, fue objeto de mejora o desarrollo por parte de científicos y tecnólogos locales... aunque ese hecho se ha ignorado en los países industrializados... Para lograrlo, tuvimos que resolver problemas relativos a la tecnología de los motores, preocupaciones medioambientales y el equilibrio entre los cultivos destinados a alimentos y los dedicados a combustible.”

El eminente teórico José Leite Lopes (Leite Lopes, 1999), con motivo de su condecoración con el Premio de la UNESCO para la Ciencia de 1999, puso de relieve la responsabilidad de los científicos y gobiernos del Sur en cuanto a la solución de los problemas específicos de sus países y subrayó el papel que la ciencia y la tecnología deben desempeñar en la erradicación de la pobreza. Hizo notar que en el siglo xx la ciencia y la tecnología eran capaces de enviar a un hombre a la Luna, pero no podían poner fin al hambre y la pobreza que aflige a millones de hombres y mujeres sobre la Tierra. Exhortó a que los esfuerzos que la ciencia emprendiera en el siglo xxi estuvieran acompañados de la voluntad política para erradicar la pobreza en el mundo.

Por su parte, el presidente de la Academia de Ciencias de Brasil, Eduardo M. Krieger (Krieger, 1999) señaló el contraste existente entre los resultados de la ciencia y la tecnología de su país: “... Los científicos de los países en desarrollo no solamente deben participar en investigaciones internacionales de primera línea, sino que deben abordar temas de vital importancia para las necesidades de sus países... Los investigadores brasileños en la actualidad son los autores del 1% de todas las publicaciones científicas del mundo (el mismo porcentaje que los científicos de Corea del Sur). Sin embargo, los tecnólogos brasileños reciben menos del 0,005% de las patentes internacionales emitidas cada año; los tecnólogos sudcoreanos, por otra parte, reciben alrededor del 1% de las patentes internacionales emitidas anualmente. Las recientes inversiones de Brasil en la ciencia han aumentado la presencia de la nación en la investigación académica, pero no en la tecnología. El paso siguiente es vincular más

estrechamente la investigación científica con los sectores de la sociedad capaces de convertir el conocimiento en productos y servicios dignos”.

El desarrollo educacional y científico de Cuba fue consecuencia de una decisión política del gobierno, y a partir de 1959 tuvo lugar una drástica transformación en la educación, la ciencia y la cultura. Como resultado de ello, en el presente existen varios grupos científicos que crean y dominan algunas ramas de la ciencia y la tecnología modernas, y un sector de la sociedad más amplio que las utiliza.

La campaña nacional para erradicar el analfabetismo en todo el país, realizada en 1961, y la reforma universitaria, que incluyó la revisión de los planes de estudios y los métodos de enseñanza, así como la organización de nuevas facultades, fueron pasos esenciales en esa dirección. En el período de 1967 a 1978, muchos estudiantes graduados en universidades de Europa oriental y, en menor medida, en algunas universidades de Asia, regresaron a Cuba y se unieron a los graduados después de la reforma universitaria. Al final de este período hubo un aumento del número de doctores en ciencias y se consolidó un núcleo vital de científicos, lo que redundó en avances en campos como los semiconductores, la geofísica y la meteorología, la energía solar, las ciencias y la tecnología nucleares (comenzando con la creación de la Comisión Cubana para la Energía Atómica en 1979), así como la alta tecnología de base científica que incluye la bioquímica farmacéutica y la biotecnología. En 1981, un grupo de científicos cubanos produjo interferón alfa leucocitario. El hecho de que ese grupo haya sido capaz de obtener lo que anteriormente lograron solamente algunos países adelantados, condujo a la idea de que la biotecnología podría ser una línea estratégica de desarrollo científico en un país pequeño privado de grandes fuentes de energía y otros recursos naturales.

Ya en 1989 el número de centros de investigación había llegado a 153 y la cantidad de científicos e ingenieros que participaban en trabajos de investigación y desarrollo era de 8.500, o de alrededor de 0,9 por cada 1.000 habitantes. Esta cifra aumentó a más de 1,3 en el año 2000. De este modo, de 1989 a 2000 ha tenido lugar un aumento del núcleo crítico de científicos y la creación gradual de un núcleo de tecnólogos. Se han ampliado significativamente las investigaciones de ciencias básicas (física de partículas y campos, estadística cuántica, teoría de la fisión,

reacciones nucleares, efecto Raman, semiconductores, pozos cuánticos, química cuántica; en matemáticas, ecuaciones diferenciales, álgebra, reconocimiento de patrones, estadística matemática y métodos numéricos, entre otros) y ciencias aplicadas (magnetismo, ferroelectricidad, zeolitas, etcétera), así como alta tecnología (nuevos materiales, microelectrónica, optoelectrónica, detección remota, resonancia magnética nuclear y construcciones de equipos altamente especializados). Resulta notable que sólo unos meses después que Muller y Bednorz reportaran su descubrimiento de la superconductividad a alta temperatura, el efecto se haya reproducido en dos laboratorios de La Habana.

La expansión de la biotecnología ha continuado teniendo una gran repercusión sobre la salud de la población (Limonta Vidal, 2000). La mortalidad infantil ha descendido por debajo del 6,5 por cada mil nacidos vivos, mientras que la esperanza de vida es de unos 75 años. La biotecnología ha aportado un número considerable de productos nuevos, lo que redundó, al cierre de 1998, en la obtención de 360 patentes, como la de la vacuna recombinante contra la hepatitis tipo B, el PPG (una droga hipocolesterodémica), el interferón recombinante alfa 2, el interferón gamma recombinante, la estreptoquinasa recombinante, el factor de crecimiento epidérmico recombinante, la vacuna recombinante contra la garrapata del ganado y otras, que se han aplicado ampliamente en Cuba y se venden a 35 países. Hay por lo menos un ejemplo de un logro de la alta tecnología cubana que se utiliza extensamente en los países del Norte: la vacuna antimeningocócica tipo B, desarrollada con tecnología cubana. En 1999, se firmó un contrato entre Vacunas Finlay S. A., de Cuba, y Smith Kline Beecham, del Reino Unido, para comercializar la vacuna antimeningocócica cubana en Australia, Europa, Japón y América del Norte, con patente cubana.

La aplicación de la biotecnología es sumamente prometedora para la producción dirigida a satisfacer las necesidades humanas básicas, como la alimentación. En Cuba la biotecnología de las plantas se inició en 1980. En la actualidad se realizan estudios piloto en cultivos transgénicos, como caña de azúcar, papa, boniato, papaya, arroz, café y otros, que proporcionan cambios favorables, como resistencia a virus, hongos o insectos. En biotecnología animal se han obtenido experiencias positivas con peces transgénicos que logran una alta velocidad de crecimiento.

## Algunas experiencias innovadoras cubanas

Es muy interesante resaltar que el proceso cubano tuvo lugar bajo la fuerte presión del bloqueo estadounidense. También el sentimiento de inferioridad de la ciencia y la tecnología autóctonas, que se desarrolla a veces en los países del Sur, se dispó por diferentes vías: mediante el fortalecimiento de la tecnología local y la introducción y los necesarios ajustes de la ciencia y la tecnología importada de los antiguos países europeos miembros del CAME.

Lo anterior tuvo especial importancia en el caso de las centrales eléctricas y otras industrias. Mediante la introducción de innovaciones aumentó la eficiencia de las viejas centrales e industrias, y éstas se adaptaron a la utilización del petróleo cubano.

La energía solar se utiliza para suministrar electricidad a comunidades aisladas, en especial a las escuelas.

Una base muy importante para lograrlo ha sido la disponibilidad de un gran número de obreros con un buen nivel educacional mínimo, capaces de aprender rápidamente nuevas tareas y de participar de manera activa en éstas, junto con científicos, tecnólogos y técnicos, e incluso de ser creativos en su trabajo.

Dispositivos y equipos de diferente índole se han diseñado y construido en Cuba, como tomógrafos basados en Resonancia Magnética Nuclear; dispositivos electrónicos, ópticos y ultrasónicos para aplicaciones médicas, células solares para uso industrial en paneles solares y otros aparatos optoelectrónicos.

En otras palabras, Cuba se vio compelida a desarrollar su ciencia y sus tecnologías propias, al no tener la posibilidad de importarlas. Pero aún más importante es el hecho de que la comunidad científica cubana gozaba de la confianza y del apoyo de su pueblo y su gobierno para desarrollar los planes de investigación y las instituciones realmente más avanzadas. A continuación mencionamos los siguientes ejemplos, muy ilustrativos del éxito de los procesos innovadores:

El antígeno de superficie del virus de la hepatitis B, para la producción de vacunas: dos procesos innovadores resultaron esenciales, el desarrollo de un modelo matemático para la adición de metanol al fermento y

el aumento de la recuperación del 44% del antígeno en el proceso de producción, lo que condujo a la reducción del costo por gramo de la vacuna y al aumento de su producción.

El proceso de lixiviado de níquel en la Planta de Níquel de Punta Gorda. Esta fue una innovación trascendental en la producción de níquel, patentada en varios países del mundo y diseñada por jóvenes ingenieros cubanos como método para reducir el lixiviado de amonio de los minerales lateríticos de Ni y Co de 3-3,5 horas a unos 90 segundos, con una considerable repercusión económica.

La prospección conjunta de petróleo con compañías foráneas en aguas marinas profundas, en la cual Cuba no poseía experiencia previa, ha desempeñado y sigue desempeñando un importante papel en la asimilación de altas tecnologías y en su inserción en la nueva economía.

El proyecto Cubacel. Sin experiencia previa, Cuba introdujo el servicio de comunicación mediante telefonía celular, prestando así un servicio moderno y eficiente a una variedad de usuarios en pocos meses.

Varias brigadas médicas cubanas han estado prestando asistencia médica a personas pobres de América Central (Honduras, Nicaragua y Guatemala) tras el paso del huracán Mitch, en 1999. También hay brigadas médicas en Haití y Venezuela y en varios países de África. Además, en Cuba se creó la Escuela Latinoamericana de Medicina a fin de formar médicos para países del Tercer Mundo (e incluso para algunas comunidades de países del Primer Mundo). Ya asisten a esta escuela más de 6.172 estudiantes de países de América Latina, África y Asia, y sumados los 485 de la Facultad Caribeña de Medicina, dan un total general de 6.657 estudiantes. (Véanse Tablas 1 y 2.)

Tabla 1. Facultad Caribeña de Medicina

Países	Estudiantes
Haití	365
Malí	101
Djibouti	19
TOTAL	485



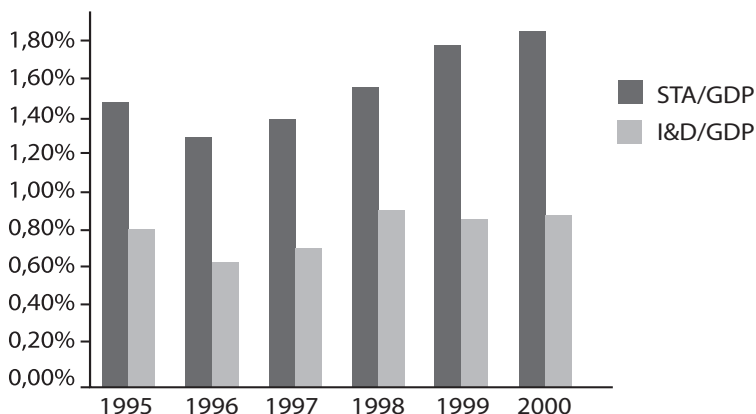
Tabla 2. Cantidad de estudiantes en la Escuela Latinoamericana de Medicina

Área/Países	Estudiantes	Área/Países	Estudiantes
AMÉRICA DEL NORTE	295	AMÉRICA CENTRAL	2528
Estados Unidos	35	Costa Rica	158
México	260	El Salvador	444
AMÉRICA DEL SUR	2848	Guatemala	555
Argentina	253	Honduras	567
Bolivia	263	Nicaragua	487
Brasil	231	Panamá	314
Chile	249	CARIBE	289
Colombia	338	Bélice	40
Ecuador	307	República Dominicana	249
Paraguay	362	ÁFRICA	212
Perú	256	Cabo Verde	30
Uruguay	201	Guinea Bissau	7
Venezuela	388	Guinea Ecuatorial	77
		Nigeria	98
TOTAL 6172			

Para concluir, sería oportuno ofrecer algunos datos. De acuerdo con un informe del Ministerio de Educación Superior, en la actualidad Cuba posee 52 centros universitarios, con más de 20.000 profesores y programas en 78 diferentes campos. Un total de aproximadamente 700.000 personas (más del 6,3% de la población) tienen nivel de educación universitario. Un análisis más detallado de estos datos figura en Castro Díaz-Balart (Castro Díaz-Balart, 2002).

Un informe del Ministerio de Ciencia y Tecnología ofrece los siguientes datos finales: en el año 2000, el 1,75% de PBI se invirtió en actividades de ciencia y tecnología, habiéndose destinado el 0,82% a trabajos de investigación y desarrollo, cifra que duplica con creces la media de América Latina (véase Gráfico 3)

Gráfico 3



Un total de 218 instituciones se dedican a la ciencia y la tecnología, de ellas 118 son institutos de investigación. En estas 218 instituciones trabajan más de 31.400 personas, alrededor del 38% de las cuales tienen educación terciaria (universitaria). El total de trabajadores de la ciencia y la tecnología es superior a 64.000, de ellos el 52% son mujeres. El 1,34% de la población económicamente activa trabaja en ciencia y tecnología, mientras que el 0,25% posee nivel de educación universitario. Esas cifras se reducen en alrededor del 50% si se comparan con la población total; el resultado serán cifras de aproximadamente 0,6% y 0,12% respectivamente, que son comparables a las de los países desarrollados.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología en Cuba, como parte esencial de la cultura de la sociedad cubana, se ha basado en primer término en un principio fundamental del desarrollo humano expresado por José Martí: “Ser cultos para ser libres”.

## Desarrollo sostenible, no invariancia y un problema crítico

En párrafos anteriores hemos visto cuán importantes son la ciencia y la tecnología para el desarrollo sostenible. Podemos resumir este aspecto ci-

tando a M. H. A. Hassan, director ejecutivo de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS), quien destacó recientemente algo importante: que ningún país puede contribuir al desarrollo sostenible a menos que construya y mantenga una suficiente capacidad científica y tecnológica. Destacó como ejemplo que las recientes inversiones hechas en ciencia y tecnología por países como Brasil, China, India y Corea del Sur se basan en que el camino de su crecimiento económico está sustentado en capacidades científicas y tecnológicas previamente alcanzadas.

Pero hay algunas consecuencias de la globalización que entran en contradicción con el desarrollo sostenible. Desearíamos proponer un principio que los encargados de formular las políticas en los países del Sur deberían tomar en cuenta. Es harto conocido que en física hay un principio válido denominado principio de la relatividad. Las leyes físicas que se observan en un cuerpo específico son invariantes (son las mismas) respecto de cualquier marco de referencia (inercial) adoptado para describir los fenómenos físicos que tienen lugar en ese cuerpo. Por ejemplo, la velocidad de la luz (y todas las leyes fundamentales de la física) observada, digamos, en la superficie de la Luna, es la misma para observadores que se encuentren en la Luna o en la Tierra. Pero la relatividad no se contradice por el hecho de que en general diferentes sustancias muestran, macroscópicamente, diferentes propiedades físicas, e incluso una misma sustancia a diferentes temperaturas, presiones, etcétera, puede tener diferentes propiedades: el agua es líquida a temperaturas superiores a la temperatura ambiente y sólida a bajas temperaturas. Esas propiedades son no invariantes.

Sugerimos que el desarrollo económico sostenible, el crecimiento económico, el desarrollo de la ciencia y la tecnología y el desarrollo humano en el Sur en la era de la globalización obedecen a las propiedades de la no invariancia. Las políticas económicas y científicas adecuadas para alcanzar esos objetivos dependen fuertemente de los medios donde se aplican: cada país, región o sociedad tiene características específicas diferentes de las otras. Como consecuencia de ello, acciones similares de globalización tienen diferentes respuestas locales y esto debe tomarse en consideración como una cuestión central en la recién nacida ciencia de la sostenibilidad. Una ciencia de la sostenibilidad debe abordar una

diversidad de problemas locales diferentes en un mundo globalizado. La aplicación ciega en el Sur de principios generales que son válidos en el Norte conduce a consecuencias similares a las que obtiene un físico que interpreta erróneamente la relatividad y atribuye al agua contenida en un vaso las mismas propiedades que tiene un pedazo de hielo que se derrite en un vaso. Su error se deriva del hecho de que aunque se trata de la misma sustancia y las moléculas de agua se intercambien entre sí, se encuentran, no obstante, en una fase o estado de organización diferente: sólido y líquido. Se equivoca porque las propiedades físicas invariantes surgen solamente a un nivel microscópico, al nivel de las moléculas de agua, y comienza a diferir en cuanto se analizan diferentes estados de agregación y temperatura. No obstante, con mucha frecuencia economistas y políticos actúan creyendo implícitamente en un principio de la relatividad que está muy lejos de ser válido, pues los seres humanos, pese a ser en muchos sentidos iguales en cualquier lugar, se comportan de manera diferente en entornos sociales, culturales, económicos y geográficos distintos, esto es, en países diferentes.

Las consecuencias de esas actitudes son mucho peores, pues uno de los efectos de la globalización es la transformación del mundo, de un sistema de pueblos débilmente interactuantes y países con un comportamiento considerablemente independiente en un fuerte sistema de interacción entre los pueblos y los países que cada día conduce a una creciente interdependencia entre ellos. Considerables desviaciones del “estado estacionario” económico en un país ejercen una influencia inmediata sobre el mundo entero, creando crisis que tienden a propagarse. La violación del principio de no invariancia, o sea, la utilización de “concepciones erradas de la elite técnica” (Goldemberg, 1998), (véase también Yunus, 1998) en la economía ha conducido a la aplicación ciega de procedimientos neoliberales que pudieran funcionar bien en algunos países del Norte, pero que resultaron absolutamente carentes de validez para las condiciones específicas de Argentina, y produjeron una situación catastrófica. Argentina produce 5 kg de alimentos per cápita al día (para una población de 37 millones de habitantes) y 75 millones de toneladas de petróleo al año. Posee un buen desarrollo industrial. Por ejemplo, el 40% de su electricidad se produce en hidroeléctricas, ha desarrollado su propia tecnología nuclear y produce un

volumen razonable de energía nuclear. Argentina tiene excelentes universidades y una tradición muy buena de investigaciones científicas y técnicas, lo cual aporta al país un importante conjunto de condiciones altamente favorables para alcanzar el desarrollo sostenible. Sin embargo, estas condiciones no son suficientes, y padece una profunda crisis después de la súbita evaporación de 85 mil millones de dólares y el increíble crecimiento de la deuda externa, estimada en 135 mil millones de dólares, según Hopkins (Hopkins, 2002) a raíz de una tasa de privatización sin precedentes. En Argentina unos 15 millones de personas (más del 40% de su población total) viven por debajo de la línea de pobreza.

Pero hay otro ejemplo que ilustra explícitamente la violación del principio incorporal de no invariancia cuando se produjo la crisis económica global en los países del Asia Oriental en el año 1997 (Stiglitz, 2002). Después de una fructífera década, estos países, empezando por Tailandia, comenzaron a liberar sus mercados financieros por presiones del Fondo Monetario Internacional (FMI) y de otras agencias internacionales. Ello conllevó en un corto tiempo a la evaporación súbita de sus capitales. La reacción del FMI fue prescribir la misma receta a Tailandia que había sido “recomendada” por esa organización a las economías latinoamericanas una década antes, bajo circunstancias completamente diferentes. El resultado es bien conocido: la crisis se incrementó y propagó a los países vecinos y sus consecuencias se mantienen hasta el presente.

En relación con el desarrollo sostenible, desearíamos poner de relieve otra analogía física. Para obtener una reacción en cadena en física nuclear necesitamos una masa crítica; y para convertir un conductor normal en superconductor o un paramagneto en ferromagneto, o para transformar el agua en hielo, debemos llegar a una temperatura crítica, lo suficientemente baja. La física nos enseña que para transformar un sistema altamente desordenado en uno altamente ordenado, deben modificarse algunos parámetros que favorecen que el orden surja, y esa transición por lo general no se produce sin problemas; por el contrario, hay un “punto crítico” específico que separa el estado ordenado del más desordenado. El desarrollo sostenible es un problema similar, donde los parámetros que caracterizan el “orden” y el “desorden” pueden definirse con facilidad, a partir de la idea de que un país o sociedad altamente desarrollado está altamente ordenado

o altamente organizado en el mismo sentido dinámico en que lo está un sistema biológico complejo.

## Recomendaciones básicas

### Para la ciencia, la tecnología y la educación

En cualquier país el dominio de la ciencia y la tecnología se debe llevar a cabo por los grupos de científicos y técnicos más avanzados. Esos científicos y técnicos deben: a. ayudar a adaptar la tecnología a las condiciones locales, b. trabajar para incorporar la nueva ciencia en la educación, y c. participar en el gobierno. Para elevar los niveles de vida es necesario desarrollar la ciencia y la técnica, lo que por su parte exige perfeccionar la formación académica media de nuestros países. Ello puede lograrse solamente mediante programas de educación de masas y, siempre que sea posible, con programas para erradicar el analfabetismo. Encuestas recientes demuestran que una educación sólida en matemáticas y ciencias en la escuela primaria está relacionada estrechamente con el avance del desarrollo económico de los países de nuevas economías. Ello sugiere la necesidad de aumentar la calidad de la enseñanza elemental de esas ciencias en nuestros países. Respecto de la educación también es necesario aumentar la calidad y el número de estudiantes de cursos técnicos sobre agricultura, así como elevar la proporción de los que toman cursos de ciencia e ingeniería en las universidades. Debe ponerse de relieve el vínculo existente entre el desarrollo de la ciencia y la enseñanza de la ciencia con la innovación tecnológica. Por tanto, deben organizarse institutos de investigación: una parte considerable de su actividad debe dedicarse a aplicar la ciencia a la búsqueda de soluciones a los problemas del país, en la salud pública, la agricultura y la industria; también son esenciales las investigaciones básicas, incluidos temas relativos a una economía basada en el conocimiento, como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICS) y la biotecnología.

La Conferencia Mundial sobre la Ciencia aprobó una avanzada Agenda para la Ciencia en 1999 (Science Agenda, 1999), que contenía recomendaciones para hacer frente al creciente abismo tecnológico y científico

entre el Norte y el Sur. La aplicación de tal programa sería sumamente beneficiosa para el Sur. Citamos: “Cada país debería proponerse tener instituciones científicas de alta calidad capaces de proporcionar instalaciones de investigación y capacitación en esferas de interés específico... Las investigaciones científicas deberían estar respaldadas por un marco legal adecuado al nivel nacional e internacional... Las universidades deberían asegurar que sus programas en todos los campos de la ciencia se centren en la educación y la investigación, así como en las sinergias existentes entre ellas, e introducir la investigación como parte del estudio de la ciencia. Las habilidades de comunicación y el contacto con las ciencias sociales también deben ser parte de la educación de los científicos”.

De los hechos antes mencionados se extrae una importante conclusión: Los países en desarrollo deben adoptar políticas destinadas a crear y utilizar su comunidad de científicos y técnicos, largamente ignorada. Su cifra debe multiplicarse hasta alcanzar una masa crítica; deben recibir el reconocimiento social y económico que merecen y debe suministrárseles la literatura científica, los contactos y el equipo necesarios para desarrollar su trabajo. Como mínimo, el 4% del PBI debe invertirse en la educación, y el 0,64% de éste en la investigación científica, según se estableció en el Proyecto Milenio de las Naciones Unidas. Los países del Tercer Mundo deben obtener de los países del Norte, de la UNESCO y de otras organizaciones internacionales el apoyo adecuado para desarrollar este programa.

## Para el desarrollo humano

Del Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD extraemos las siguientes recomendaciones, que sabemos son esencialmente necesarias para el desarrollo, pero no son suficientes: iv. el establecimiento de mecanismos de alto nivel en países individuales para coordinar la política sobre globalización; v. más rápido alivio de la carga de la deuda y reorientación de la ayuda a favor de los países más pobres y las prioridades de desarrollo humano; vi. ayuda jurídica independiente y procesos de defensa del pueblo para apoyar a los países más débiles en la Organización Mundial del Comercio; vii. cooperación internacional en la lucha contra el delito y

el terrorismo a nivel mundial, incluida la relajación de las leyes del secreto bancario; viii. investigación de nuevas fuentes de financiamiento para la nueva revolución tecnológica, como un “impuesto sobre el bit” para los mensajes de internet y un programa internacional para el desarrollo de tecnologías que estén al servicio de las necesidades de los pobres; ix. un grupo especial encargado de analizar la gobernabilidad a nivel mundial, que incluya no solo a una gama de países, sino también a representantes del sector privado y la sociedad civil; x. libre diseminación del conocimiento y la información.

Para alcanzar el punto crítico para la sostenibilidad se requiere el logro de un conjunto de condiciones necesarias, a saber: a. apoyo institucional y gubernamental, b. infraestructura para trabajos de investigación y desarrollo, c. recursos humanos, d. capacidad de financiación, e. diseminación del conocimiento y la información, y en último lugar por el orden, no por la importancia, f. comprensión del papel de la ciencia y la tecnología.

## Para el desarrollo sostenible

En relación con la creación de condiciones no sólo necesarias sino también suficientes para el desarrollo sostenible, se debe considerar la reciente Cumbre del Desarrollo Sostenible, también conocida como “Río + 10” que se efectuó en Johannesburgo, en septiembre del 2002. Ahí se puso de manifiesto que casi no se ha alcanzado ningún avance desde la Cumbre pasada celebrada en Río de Janeiro. Por solo citar dos ejemplos, las emisiones de dióxido de carbono se han incrementado y una gran parte de la población mundial continúa viviendo en condiciones críticas.

Al no reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, los países ricos evitan tener que hacer grandes y costosos cambios tecnológicos, pero adquieren por otro lado una creciente deuda ecológica con el Sur. (Martínez Alier, 2002).

Cuando uno se enfrenta a la pregunta: ¿Qué hacer para alcanzar el desarrollo sostenible?, la respuesta es evidente: voluntad política y acceso de los recursos financieros requeridos por el Sur. Ambos aspectos son igualmente esenciales. Con relación al segundo, los autores consideran



razonable la solución propuesta por varios países en Johannesburgo, entre ellos Cuba, de que estos fondos se pudieran obtener para el desarrollo mediante: a. establecimiento de un impuesto del 0,1% de las transacciones financieras internacionales; b. cancelación de la deuda externa de los países en desarrollo y al mismo tiempo reducción en 50% de los gastos militares de los países desarrollados; c. cumplimiento del compromiso hecho por los países desarrollados de dedicar, para apoyar el desarrollo, el 0,75% de su PBN (en el presente, es de menos del 0,2%).

Todo lo anterior es el resultado del orden político y económico prevaleciente en el mundo que obviamente está determinado por las naciones más ricas, pero que deberá transformarse radicalmente si queremos garantizar la supervivencia del planeta y lograr que la ciencia y la tecnología sean los verdaderos baluartes del desarrollo sostenible ante los retos de la globalización.

## Referencias

- AMHA, M. (2001) *Ethiopia's National Strategy for Improving Water Resources Management*, Foro Científico de OIEA, Serving Human Needs: Nuclear Technology for Sustainable Development, septiembre 18-19, Viena, Austria.
- ANNAN, Kofi (2000) "We the Peoples: The Role of the United Nations in the 21 st. Century", Secretary-General's Statement to the General Assembly.
- BELLAVISTA, J. y RENOVELL, V. (coords.) (1999) *Ciencia, tecnología e innovación en América Latina*, Barcelona, Publicaciones de la UB.
- BRAUN, Reiner (2001) *Council Meeting of INES*, Berlín, mayo.
- CASTELLS, M. (1997) *La era de la información*, Madrid, Alianza Editorial.
- CASTON, A. y TAPSCOTT, D. (1995) *Cambio de paradigmas empresariales*, Colombia, McGraw-Hill.
- CASTRO DÍAZ-BALART, Fidel (1997) *Energía nuclear: ¿peligro ambiental o solución para el siglo XXI?*, Italia, Ediciones Mec Grafic, S.A. (1ª edición), Barcelona, Grijalbo-Mondadori, 1999 (2ª edición). *Energie Nucléaire: Danger pour l'environnement ou solution pour le XXIème siècle?* Francia, Editions Naturellement, "Collection Témoins", 2001 (3ª edición).
- (2001) *Ciencia, innovación y futuro*, Cuba, Editorial Instituto Cubano del Libro (1ª edición), Barcelona, Editorial Grijalbo-Mondadori (2ª edición).
- (2002) "Energy & Environment: Hard Choices", *IAEA Bulletin*, 44, 1, p. 26.
- (2002) *Cuba: Amanecer del Tercer Milenio*, Madrid, Editorial Debate.
- (2004) "The Role of Science in the Information Society", Ginebra, CERN, 8-9 de diciembre de 2003. Conference Proceedings, Word Summit on the Information Society.
- y PÉREZ ROJAS, H. (2000) "Knowledge, Innovation and Technology: An Agenda for the South Challenges of the XXI Century", *International Convention Center Publ.*, La Habana.
- y PÉREZ ROJAS, H. (2002) *Prospects on Globalization, Development and Technology*, Vol. 1, 323-339.
- CHERNI, Judith A. (2001) "Environment and Globalization. Modernised Sustainable Development" en *Revista Bimestre Cubana, de la Sociedad Económica de Amigos del País*, 89, p. 132.
- CUMO, Mauricio y SIMBOLOTTI, Giorgio (2001) "Energía & Ambiente" en *La Termotécnica*, enero-febrero.

- DRUCKER, Peter (1993) *Administración para el futuro*, España, Editorial Parramón.
- EDVINSSON, Leif y SULLIVAN, P. (1995) "Developing a model for managing intellectual capital", *European Management Journal*, 14 (14).
- EDVINSSON, Leif y MALONE, M. (1999) *El capital intelectual*, Barcelona, Gestión 2000.
- EL BARADEI, Mohamed (1999) "The future of Nuclear Power: Looking ahead", 32nd. Japan Atomic Industrial Forum, Sendai, abril.
- FONT, A. y ONDÁTEGUI, J. C. (2000) *Los parques científicos y tecnológicos. Los parques en España*, Madrid, Cotec.
- GIBBONS, M. et al. (1994) *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Londres, Sage.
- GLOBAL TRENDS 2015 (2000) "A Dialogue about the Future with non Government Experts", *NIC* 2000-02, diciembre.
- GOLDEMBERG, José (1998) "What is the role of Sciences in Developing Countries?" en *Science*, 279, N° 5354, 1140.
- GOODWIN, Irwin (1999) "A 5,8 billon dollars victory" en *Mundo Científico*, España, N° 198, 27-30.
- GUEDES, M. y FORMICA, P. (eds.) (1996) *The Economics of Science Parks*, Rio de Janeiro, Antropotec, IASP&AURP.
- HASSAN, M. H. A. (2000) "Science on Sustainability" en *TWAS Newsletter*, Vol. 14, 2/1.
- HERRERA, L. (2004) "Biotechnology in Cuba", presentación en el Global Biotechnology Forum, Chile, marzo.
- HIDALGO NUCHERA, Antonio (2001) *Nueva economía y nuevas tecnologías: su influencia en la empresa*, Madrid, 1, 17-26.
- HOPKINS, A. S. (2002) "Duhalde's dilemma" en *World Press Review*, marzo.
- IAEA SCIENTIFIC CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT (1999) "The rol of Nuclear Energy", septiembre.
- JEANNET, Jean Pierre (1994) *Dirección de empresas con mentalidad global*, España, Prentice Hall.
- KABIR, B. N. (2001) "Understanding Arsenic Contamination of Groundwater in Bangladesh", *IAEA Scientific Forum*, Serving Human Needs: Nuclear Technology formation Sustainable Development, Austria, 18-19 de setiembre.

- KALAM, A. P. Abdul y RAJAN, Y. S. (1998) *India 2020, a Vision for the New Millennium*, Penguin Books, Series Viking, India.
- KRIEGER, Eduardo M. (1999) "Science in Response to Basic Human Needs" en *TWAS Newsletter*, Vol. 11, N° 3.
- LAGE, A. (2000) "Las biotecnologías y la nueva economía: crear y valorizar los bienes intangibles" en *Biotecnología Aplicada*, Vol. 17, N° 1, 55-61, La Habana.
- (2001) "Propiedad y expropiación en la economía del conocimiento" en *Ciencia, Innovación y Desarrollo*, Vol. 6, N° 4, 25-37, La Habana, CITMA.
- LEITE LOPES, José (1999) "1999 UNESCO Science Prize", preprints C13PF-CS-004/99.
- LIMONTA VIDAL, Manuel (2000) "Development of biotechnology applied to food and health, to face human needs in developing countries" en *World Conference on Science*, UNESCO, Londres.
- MARTÍNEZ, Osvaldo (2001) "¿Sabrá el Banco Mundial lo que es un pobre?" en *El Economista de Cuba*, marzo-abril.
- MARTÍNEZ ALIER, Joan (2002) "Deuda Ecológica y Biopiratería" en *Biodiversidad*, 32, Montevideo.
- NELSON, R. (1993) *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Nueva York, Oxford University Press.
- y WINTER, S. G. (1982) *An Evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Harvard University Press.
- NONAKA, I. (1994) "A dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organization Science*, Vol. 5, N° 1.
- y TAKEUCHI, H. (1995) *The knowledge-creating company*, Nueva York, Oxford University Press.
- PHILLIPS, Nicola (1995) *Motivating for change*, Gran Bretaña, Editorial Pitman.
- PRIDDLE, Robert (1999) "Energía y Desarrollo Sostenible", *IAEA Bulletin*, Vol. 41, N° 1, 2-6, Austria.
- RICKWOOD, Peter (2002) "Agua para el Desarrollo", *IAEA Bulletin*, Vol. 44, N° 1, Austria.
- SALAM, Abdus (1989) "Ideals and Realities, Selected Essays of Abdus Salam", World Scientific, Singapur.
- SANZ, L. (2000) "La IASP, una red mundial de conocimiento" en *Revista de Alta Dirección*, Madrid.

- SCIENCE AGENDA-FRAMEWORK OF ACTION (1999) *World Conference on Science*, UNESCO, Budapest.
- SERAGELDIN, Ismail (2002) "World Poverty and Hunger - The Challenge for Science" en *Science*, 296, 54.
- SHEIFLER, M. A. (1994) *Los parques científicos. Principales experiencias internacionales*, Madrid, Civitas.
- SPENDER, J. C. (1996) "Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm" en *Strategic Management Journal*, Vol. 17, 46-62.
- STIGLITZ, Joseph (2002) "Lo que aprendí de la crisis económica mundial, 2001".
- STONEMAN, Paul (1995) *Handbook of the economics of innovation and technological change*, Gran Bretaña, Blackwell.
- STRUPCZEWSKI, A. (1999) "Comparatives Energetic Systems Emissions Evaluations", *IAEA Bulletin*, Vol. 41, N° 1, 19-24, Austria.
- THIRD INTERNATIONAL MATHEMATICS AND SCIENCE STUDY (1997) "Third International Mathematics and Sciences", *The Economist*, marzo.
- THUROW Lester (1992) *La guerra del siglo XXI*, Gran Bretaña, Editorial Vergara.
- UNDP (2002) *Human Development Report 1999. Globalization with a Human Face*.
- UTTERBACK, James (1994) *Mastering the dynamics of innovation*, Cambridge, Harvard Business School Press.
- VIRASORO, Miguel (2000) "The Universal Value of Fundamental Science", *World Conference on Science*, UNESCO, Londres.
- WINTER, S. G. (1987) "Knowledge and competence as strategic assets" en TEECE, D. J. (ed.) *The competitive challenge. Strategies for industrial innovation and renewal*, Harper and Row, Estados Unidos, 159-184.
- WORLD DEVELOPMENT REPORT (2000) *1999/2000*, World Bank, Oxford.
- YUNUS, Muhammad (1998) "Alleviating Poverty through Technology" en *Science*, Vol. 282, N° 5388, 409-412.
- 17th. WEC Congress Technical Papers and Survey of Energy Resources (1999), Estados Unidos.

# **Recolección de materiales reciclables por parte de los recolectores: estrategia de sobrevivencia ante la pobreza urbana existente en Brasil**

**ANTONIO BUNCHAFT<sup>1</sup>**

## **Antecedentes**

La pobreza y la desigualdad social ocupan actualmente un lugar central en los debates acerca de la experiencia reciente de desarrollo de los países latinoamericanos, sus aspectos futuros y las opciones disponibles de políticas públicas. A título de ejemplo y comparando con los países desarrollados, Brasil se destaca en términos de desigualdades y alcanza cifras significativas dentro de la pobreza de América Latina. Según datos de la IPEA, hay actualmente en Brasil 56,9 millones de personas viviendo por debajo de la línea de pobreza; esto representa aproximadamente el 31% de la población y cerca de 24,7 millones de personas por debajo de la línea de indigencia.

El proceso de crisis económica y social presente en Brasil se repite en los países latinoamericanos. Desde mediados de la década de los ochenta, en América Latina, y en otras zonas periféricas del mundo, se ha evidenciado el aumento del desempleo, causado principalmente por la implementación de políticas neoliberales, la apertura comercial sin crite-

1. El autor agradece a la Fundação Baiana de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB/Brasil por la Bolsa de Investigador que le ha concedido.

rios y el desarrollo tecnológico, cuya consecuencia trajo un agravamiento de las condiciones socioeconómicas en la mayoría de estas poblaciones.

Asociada a esta crisis se observa la difusión de un patrón de consumo desenfrenado que, junto al crecimiento de la población y la aglomeración de las personas en las ciudades, resultan las principales causas del incremento de los residuos sólidos urbanos.

La recolección de la basura reciclable, originada en gran parte de las calles de ciudades grandes y medias de Latinoamérica, se convierte en una estrategia de sobrevivencia para poblaciones urbanas insertadas en condiciones de pobreza extrema, cuya gestión deviene importante en todo el continente, con particular énfasis en los últimos años entre los “cartoneros” de Argentina, los “recicladores” de Colombia, y los “recolectores” de Brasil, fenómeno que se observa en otras regiones periféricas del mundo como la India, Paquistán, Angola, Mozambique, Egipto, entre otros países.

En la era del embalaje, los patrones de consumo son cada vez mayores principalmente entre las clases medias y altas, donde el modelo tecnológico disminuye progresivamente la vida útil de los productos y la solución de la materia reciclable es cada vez más significativa. Surge así, una actividad de recuperación de los desechos, de manera contradictoria, realizada a bajísimo costo por contingentes de pobres, cuya articulación forma una cadena productiva de reciclaje como rama dinámica de la economía global.

En virtud del dinamismo del mercado, la estrategia de sobrevivencia ante la pobreza genera un especial potencial económico de la inclusión social, pero las condiciones actuales de trabajo de estos “recolectores” están muy deterioradas a consecuencia de la apropiación de los excedentes por parte de estructuras de intermediarios.

## Situación de los recolectores de materiales reciclables en Brasil

El cuadro de desempleo en el país ha originado una creciente inserción en actividades informales, como el caso de la recolección de materiales reciclables, donde el número de personas configuradas en los centros urbanos, ha aumentado considerablemente en los últimos años. El trabajo de recolección se caracteriza por contar con una materia prima abundante y mezclada con la basura común se convierte en una labor rudimentaria que no exige gran conocimiento técnico y dispone de un mercado rápido en tiempos de contracción macroeconómica. La escasez de requisitos facilita la entrada cada vez más amplia de una fuerza de informales desorganizada, en pésimas condiciones laborales y pobreza crítica, desprovistos de capital, instrumentos de trabajo, capacitación, organización social y económica que los sitúa ante una perversa lógica de explotación por parte de los intermediarios de materiales reciclables.

Este segmento de intermediarios fomenta una situación de constante dependencia, apropiándose de un excedente fundamental del trabajo hecho por los recolectores que paga a precios irrisorios. En el Estado de Bahía, salta a la vista el ejemplo del PET (polietilenotereftalato), vendido por los recolectores a 0,15 centavos/kg y posteriormente revendido por los intermediarios a 90 centavos/kg y cuya diferencia va a manos de una cadena de explotación.

Los recolectores se encuentran desprovistos de cualquier tipo de seguridad individual. Sin capacitación ni nociones básicas de higiene quedan expuestos a enfermedades infectocontagiosas. Además, como trabajan en la mayor parte de los casos de manera individual e informal, no tienen acceso a equipamientos que favorezcan escalas de producción y comercializan los materiales a precios insignificantes.

La cadena de reciclaje, en su etapa de recolección de materiales, está basada en la apropiación de un súper excedente económico, bajo condiciones de explotación del trabajo infantil. En muchas ocasiones, se trata de una actividad degradante e incluso de esclavitud contemporánea y sumisión por deuda.



En esencia, los obstáculos de los recolectores se caracterizan por:

- I. contingente de recolectores en la basura y las calles en condiciones indignas de trabajo y con serios problemas de salud;
- II. falta de organización económica de la mayoría de los recolectores, trabajando de manera individual;
- III. cadena de reciclaje estructurada a partir de una red de intermediarios de las materias reciclables basada en una explotación de trabajo infantil y en diversas situaciones extremadamente degradantes o de esclavitud;
- IV. precarias condiciones de funcionamiento de las cooperativas o asociaciones existentes, con ausencia de infraestructura o equipamientos básicos, provocando dificultades en el almacenaje de materias primas y la disminución del valor de venta;
- V. falta de capacitación técnica en áreas como la gestión, la logística, la captación de los residuos reciclables, entre otros;
- VI. falta de asistencia técnica que posibilite apoyar las actividades gerenciales y de comercialización;
- VII. inexistencia de una comercialización centralizada, generando dificultades para trabajar en escala y superar a los intermediarios. Cabe resaltar el inicio de la superación de este proceso mediante la constitución de redes de comercialización, aunque éstas representen ejemplos todavía restringidos;
- VIII. precariedad de datos e informaciones sobre los recolectores de materiales reciclables, problema que comienza a ser enfrentado por el Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) con acciones en favor de la constitución de asociaciones y el desarrollo de estudios. Esta cuestión es extremadamente importante; no existen datos del número, condiciones de trabajo, impactos económicos, ambientales y sociales lo que impide una iniciativa de planeamiento más estratégico.<sup>2</sup>

2. Cabe destacar como “salto” importante y emblemático en ese contexto, la elaboración en el año 2006, del estudio nacional sobre “Análise do Custo do Posto de Trabalho na Economia Urbana para o Segmento dos Catadores de Materiais Recicláveis”. Estudio promovido por el MNCR, y realizado por la ONG Pangea en sociedad con la Universidad Federal de Bahía - (GERI/FCE), dentro del marco del convenio de Organización de Auxilio Fraternal - OAF/MDS.

## Datos sobre la organización, producción y comercialización de los recolectores de Brasil

Aunque no se tengan datos exactos del total de recolectores, se estima que van de 300.000 a 1.000.000. Lo cierto es que es un contingente en crecimiento, pues su actividad permite un saldo diario, *lo que se recolecta en un día se vende en un mismo día*, convirtiéndose en una estrategia importante de sobrevivencia para los recién desempleados, los emigrantes, la población que vive en las calles y otros segmentos del universo de la pobreza.

Los datos del MNCR sobre sus asociaciones, cooperativas y grupos asociados revelan que se encuentran censados cerca de 35.000 recolectores, siendo posible clasificarlos en 4 grupos principales con estas condiciones de trabajo, a saber:

**SITUACIÓN 1.** Grupo formalmente organizado en asociaciones o cooperativas con prensa, pesa, camiones y almacenes propios, con capacidad de ampliar su estructura física y de equipamiento *a fin* de atraer *a nuevos recolectores* y de crear las condiciones para implementar nuevas unidades industriales de reciclaje. En esta situación las cooperativas se encuentran listas para verticalizar la producción de materiales reciclables. Las cooperativas en esta situación deben ser vistas como *vectores* importantes de *inclusión social*.

**SITUACIÓN 2.** Grupo organizado formalmente en asociaciones o cooperativas que cuentan con algunos equipamientos, por lo que precisan apoyo financiero para la adquisición de otros equipos y/o almacenes. Las cooperativas de este grupo se encuentran en una fase intermedia –sufren la falta de algunos equipos para expandir la producción– por lo que necesitan el fortalecimiento de la infraestructura para ampliar la recolección e *incluir* formalmente *a nuevos recolectores* de materiales reciclables.

**SITUACIÓN 3.** Grupo organizado que cuenta con pocos equipamientos –algunos de su propiedad–, pero precisan de apoyo financiero para la adquisición de casi todos los equipamientos necesarios,

así como de almacenes propios. El establecimiento formal de su cooperativa representará la *creación de nuevos puestos de trabajo para los recolectores* de materiales reciclables.

**SITUACIÓN 4.** Grupo desorganizado –en la calle o en la basura– que carecen casi totalmente del equipamiento necesario, en condiciones de extrema precariedad y dependientes de los intermediarios. Necesitan una ayuda financiera que les permita la construcción de edificaciones, así como la compra del equipamiento necesario. El establecimiento formal de sus cooperativas significará la *creación de nuevos puestos de trabajo para los recolectores* de materiales reciclables.

En la siguiente tabla se hace mención al número de asociados o grupos del MNCR en las situaciones que fueron anteriormente mencionadas.

Tabla 1. Número de asociados y grupos, en las situaciones respectivas

SITUACIÓN	NÚMERO DE ASOCIADOS	%	NÚMERO DE GRUPOS	%
Situación 1	1.381	4	24	7
Situación 2	2.753	8	70	21
Situación 3	5.720	16	122	37
Situación 4	25.783	72	115	35
Total	35.637	100	331	100

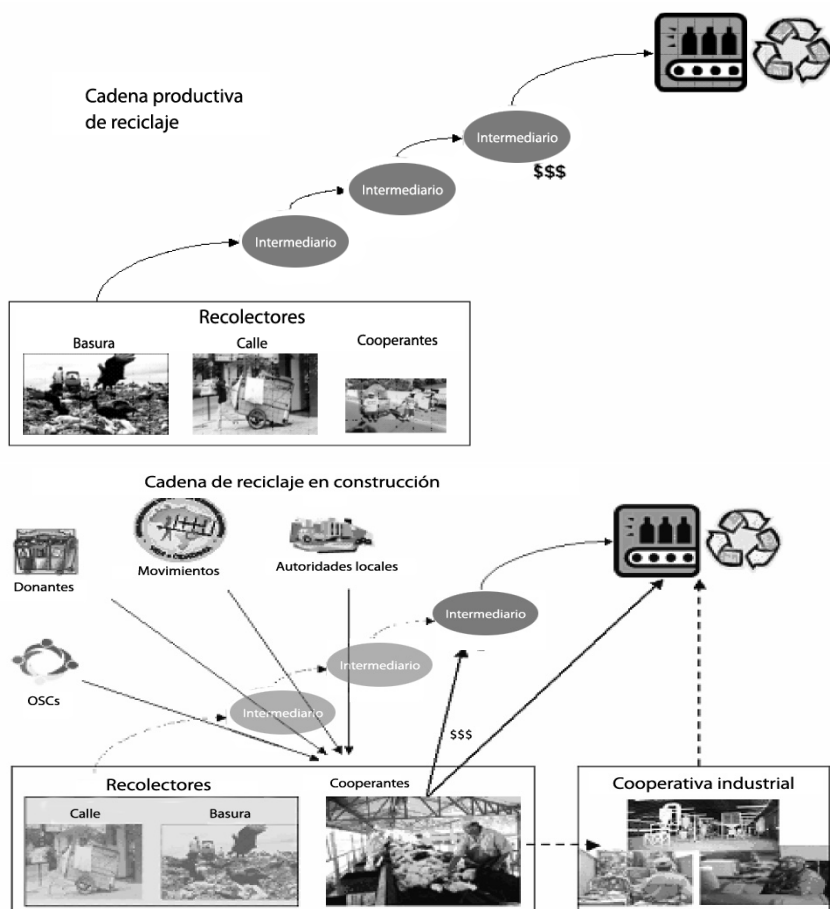
**FUENTE:** MNCR, Censo Nacional de Grupos de Recolectores Asociados al MNCR, 2005/ MNCR/PANGEA/OAF Pesquisa Custo do Posto de Trabalho, 2006

Las cooperativas que se encuentran en una situación mejor son aquellas representadas en la situación número 1, que suman apenas el 7% de todas las cooperativas afiliadas al MNCR y reúnen una proporción aún más pequeña de catadores, tan sólo el 4%. Si sumamos las dos situaciones más positivas se verifica que el 28% de las cooperativas mejor equipadas reúnen sólo el 12% de la categoría.

En el extremo opuesto, el 35% de los grupos que aún están desorganizados, vemos que éstos representan el 72% de todos los recolectores de materiales reciclables asociados al MNCR, los que se encuentran en un estado de precariedad absoluta.

Si tenemos en cuenta que la situación 3 no se distingue significativamente de la situación 4, llegaremos a la conclusión de que el 72% de esos grupos, con el 88% de la categoría permanece en una situación de precariedad absoluta, ya que cuentan con infraestructuras mínimas para el desempeño de sus actividades, agravando el cuadro de pobreza crítica.

FIGURA 1. Cadena productiva de reciclaje



FUENTE: Fundación AVINA, 2006

## Proyecto (experiencias) de cooperación tecnológica y posibilidades para la generación de trabajo y rentas

Se destacan importantes experiencias de fortalecimiento del protagonismo de los catadores de materiales reciclables en Brasil. La primera cuestión se refiere al papel fundamental y estratégico que jugó la constitución del MNCR, organización que vota por la emancipación social y económica de los recolectores de Brasil, sea a través de acciones directas junto a los recolectores, o a través de la puesta en práctica de políticas públicas en sociedad con gobiernos, la iniciativa privada y la sociedad civil.

En segundo lugar, cabe destacar la constitución en el año 2003 del Comité Interministerial de Inclusión Social y Económica de los Recolectores de Materiales Reciclables, donde por primera vez los catadores se convirtieron en objeto, más bien sujetos, de una política del Estado brasileño.

En tercer lugar, cabe señalar la organización de redes de cooperativas de recolectores,<sup>3</sup> estrategia de articulación económica, social y tecnológica con el objetivo de establecer una relación económica directa con la industria recicladora, sobrepasando la estructura *perversa* que representan los intermediarios, combinando acciones de logística integrada, capacitación, incubación, comercialización y tecnologías de agregación de valor de *espacio conceptual*.

En ese sentido, se hace imprescindible, el fomento a partir de importantes actores de la política pública brasileña,<sup>4</sup> la organización en el 2006 de las primeras articulaciones para la creación de una red nacional de cooperativas de recolectores, una red de redes, que constituirá un punto

3. Cabe resaltar, entre otras, las importantes experiencias representadas por la Red Cata Bahía, pionera, y más recientemente la Red Cata Sampa, iniciativas realizadas respectivamente en el Estado de Bahía y de São Paulo, con el patrocinio de Petrobrás en el ámbito del Programa Petrobrás Fome Zero.
4. Cabe destacar, en este ámbito el protagonismo del Movimiento Nacional de los Recolectores de Materiales Reciclables, Fundación Avina, Petrobrás Petróleo Brasileño, Fundación Banco de Brasil, Pangea, entre otras organizaciones de la sociedad civil brasileña.

de referencia emblemático de este segmento, convirtiéndose en un actor clave para la estimulación de nuevos acuerdos, la promoción del diálogo y la creación de sociedades con la industria del reciclaje.

Debido a que la actividad de recolección de materiales reciclables se caracteriza por una relación capital/trabajo bajo y por constituir una de las inversiones más bajas per cápita de la economía urbana,<sup>5</sup> constituye una de las principales estrategias de respuesta sustentable a la lucha contra la miseria de los grandes centros urbanos de Brasil. En ese sentido cabe destacar el diálogo y el compromiso en la fijación de metas claras y objetivos entre los recolectores, la industria del reciclaje y el gobierno, a favor de la construcción de una cadena de reciclaje que no sea, solamente, sostenible en materia ambiental, sino también socialmente justa e inclusiva.

5. Véase estudio, anteriormente citado: “Análise do Custo do Posto de Trabalho na Economia Urbana para o Segmento dos Catadores de Materiais Recicláveis”, 2006, MNCR/PANGEA/OAF/MDS.

## Referencias

- CALDERONI, S. (2003) *Os bilhões perdidos no lixo*, São Paulo, publicações FFLCH/ USP, 3ª ed.
- CARNEIRO, C., COSTA, B. (2003) “Reflexões a partir das experiências descritas no programa gestão pública e cidadania” en *Cadernos Gestão Pública e cidadania*, Vol. 28, julio.
- CEMPRE (2005) *Fichas Técnicas* en <www.cempre.com.br>, consultado: 15 de octubre de 2005.
- DUCHIN, F. (1990) “The Conversion of Biological Materials and Wastes in Useful Products” en *Structural Change Economics Dynamics*, Vol 1, Nº 2, 243-261.
- GOLDFARB, GRIMBERG, TUSZEL (2005) *Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos e Inclusão Social: Estudo de caso sobre as Cooperativas das Centrais de Triagem do Programa Coleta Seletiva Solidária da Cidade de São Paulo*, Insitituto Polis, São Paulo.
- IBGE (2000) *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, Rio de Janeiro, IBGE.
- IPEA/DIPES (1996) *Texto para Discussão 399*, IPEA, Rio de Janeiro.
- KANBUR, K. y SQUIRE, L. (2002) *Frontiers of development economics*, J. Stiglitz y Meyer (orgs.), Ed. World Bank.
- NAKAMURA, S. (1999) “An interindustry approach to analyzing economic and environmental effects of the recycling of waste” en *Ecological Economics*, Vol. 2.
- SEROA DA MOTTA, R. (1996) “Indicadores Ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos” en IPEA *Texto para discussão Nº 403*, IPEA Brasília.
- (1996) “Aspectos Econômicos da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos” en IPEA/DIPES, *Texto para Discussão Nº 416*, IPEA, Rio de Janeiro.

# Trayectorias tecnológicas creativas y redes largas

VITTORIO CAPECCHI  
ANDREA GALLINA

## Introducción

El pensamiento neoliberal con sus estrategias de globalización<sup>1</sup> ha logrado imponer normas y estándares que han reforzado el funcionamiento de la empresa global y de la estructura hegemónica en las relaciones internacionales dominadas por los Estados Unidos a través del control de la tríada Organización Mundial de Comercio (OMC), el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI) y de un aparato militar sin rivales. La base del pensamiento neoliberal sea en la versión clásica de Milton Friedman (1962) o en aquellas más recientes de Peter Schwartz y Peter Leiden (1997, 1998), no sólo enfatizan que la única responsabilidad social de la empresa es aquella del lucro a favor de los propios accionistas sino que además es la de “destruir los sindicatos, privatizar todas las empresas públicas y dismantelar el Estado de bienestar” (Schwartz y Leiden, 1997: 128; Schwartz, Leiden y Hyatt, 2000). El pensamiento neoliberal considera de hecho como único actor a la empresa (en particular a la gran empresa multinacional y transnacional) sosteniendo que, con un optimismo a-crítico siempre desmentido por los hechos, el aumento de beneficios económicos de la empresa tiene un efecto de recaída (el

1. El término “globalización” se utiliza en este ensayo para definir la fase más reciente del proceso de acumulación capitalista transnacional. Véanse Amoroso, 1998; Amin, 2000; Sklair, 2002; Gallina, 2006.



llamado efecto *trickle down*) que debería antes o después beneficiar a todas las personas de todas las naciones. En lo interno del pensamiento neoliberal la investigación científica y tecnológica, así como también la organización del sistema escolástico, son vistas en función de la empresa y de la producción de estas ventajas económicas, estando obviamente privilegiados los proyectos de innovación tecnológica que prometen el más elevado beneficio económico en un corto plazo. El resultado de la difusión del pensamiento neoliberal de los Estados Unidos en Europa y en el resto del mundo es evidente, considerando dos elementos: el respeto a los derechos humanos y la dirección tomada por los mercados y la innovación tecnológica.

El respeto a los “derechos humanos” ha emergido como resultado de los escándalos que han involucrado a las multinacionales y transnacionales más significativas. Como escribe el jurista Joel Bakan (2004: 74): “Del caso Enron se deriva una lección más profunda (...) Aunque la compañía sea conocida por la arrogancia y la discutible ética de sus dirigentes, las razones subyacentes de su desplome se pueden encontrar en las características comunes de todas las corporaciones; la obsesión por el lucro y el rendimiento de las acciones, la avaricia, la falta de atención a los demás y una real propensión a quebrantar la ley. Estos rasgos son, a su vez, profundamente radicados en la cultura de una institución, la corporación, que pone en primer plano los intereses privados y rechaza toda preocupación de orden moral”.

Como fue reconstruido por Capecchi (2005) y como consecuencia de estos escándalos y a las primeras tentativas de procesar a algunas de las transnacionales más conocidas por violación de derechos humanos y ambientales (la Shell en Nigeria, la Coca Cola en Colombia, la Unical en Birmania, la Pentland en Paquistán, la Nike en Indonesia, la Del Monte en Kenia, etcétera), la Comisión de Derechos Humanos de las Naciones Unidas redactó en el 2004, *Las normas sobre la responsabilidad de la sociedad multinacional y de otras empresas con relación a los derechos humanos*,<sup>2</sup> con el objetivo de proponer, conjuntamente con todas las naciones del mundo, una normativa común capaz de controlar y procesar

2. El texto se encuentra en inglés en el sitio <[www.business-humanrights.org](http://www.business-humanrights.org)>.

en caso de violación a las multinacionales que no tomen en cuenta los derechos humanos.

Esta propuesta se presentó ante todos los gobiernos del mundo y a los diferentes organismos internacionales (desde los que reagrupaban a las multinacionales a aquellos que reunían a los sindicatos o a las organizaciones no gubernamentales). La respuesta a esta propuesta de la Comisión de Derechos Humanos de las Naciones Unidas evidencia la fuerza del pensamiento neoliberal. De hecho en el sitio Web <[www.business-humanrights.org](http://www.business-humanrights.org)> se pueden leer todos estos comentarios que demuestran la primera gran rotura.

A favor de la autonomía de las multinacionales y de su poder de violar lo más impunemente posible los derechos humanos se encuentran todos los gobiernos neoliberales (desde el estadounidense de Bush hasta el italiano de Berlusconi) y la principal organización de las multinacionales (la Internacional Chamber of Commerce). Por otra parte, se evidencia que están a favor de la propuesta de la Comisión de Derechos Humanos los gobiernos más sensibles a esta temática (como los escandinavos), las asociaciones de los sindicatos internacionales, organizaciones como Amnesty Internacional, Greenpeace y también –y ésta viene a ser una de las pequeñas novedades positivas– un pequeño grupo de multinacionales casi todas de países escandinavos que han decidido reagruparse en una asociación, la *Business Leaders Initiative on Human Rights* (BLIHR) que acepta la propuesta de la Comisión de las Naciones Unidas, y operar en las diferentes naciones en que realizan o venden sus productos sin tener miedo a los costos que puede implicar su respeto a los derechos humanos y ambientales.<sup>3</sup>

Salvo estas limitadas excepciones, es importante remarcar que la sintonía entre los gobiernos neoliberales y las multinacionales es total cuando se trata de eliminar cada control y garantizar la mayor impunidad posible a las multinacionales en materia de violación de los derechos humanos y ambientales.

3. El sitio donde se pueden leer los primeros reportes de esta asociación de empresas contracorriente es <[www.blihr.org](http://www.blihr.org)>.

Igual de negativo es el escenario que emerge al considerar las tendencias de los flujos de mercado y de la innovación tecnológica. Lo que ocurrió de forma acelerada a partir de los años setenta fue la concentración de la producción de bienes, servicios y consumos dentro de la llamada tríada (Estados Unidos, Europa y Japón). Como ya fue enfatizado en la portada del reporte publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en 1999, la quinta parte más rica de la población mundial (el 20% que vive en las naciones que forman parte de la tríada o en sus alrededores inmediatos) posee el 82,7% de la riqueza producida (el Producto Bruto Interno), el 81,2% del comercio mundial, el 94,6% de los préstamos bancarios y el 80,6% de todas las inversiones y ahorros; mientras que el 80% de la población mundial posee solamente el 17,3% de la riqueza mundial, el 5,4% de los préstamos bancarios y el 19,4% de todas las inversiones y ahorros.

Si excluimos a China e India, las naciones más pobres del mundo se han vuelto aún más pobres y la distancia entre las naciones ha aumentado. Como muestra el informe del PNUD (2000) considerando tres años (1975, 1990 y 2000), si se toma como indicador el ingreso per cápita anual (los datos son confrontables ya que todos están expresados en base al poder de adquisición del dólar en el año 2000), resulta que la diferencia entre las naciones más ricas del OCSE<sup>4</sup> y las otras naciones del mundo *ha aumentado*. En las naciones más ricas del OCSE de hecho el ingreso medio per cápita se ha más que duplicado entre los años 1975 y 2000 en valor absoluto, pasando de 16.048 a 27.843 dólares; es importante señalar que estos valores están *siempre más lejos* de los valores medios de todas las naciones del mundo. En el año 1975 la distancia entre los ingresos medios per cápita era de alrededor 11.000 dólares; en el año 2000 fue casi de 20.000 dólares. Además, cabe destacar que han aumentado las desigualdades dentro de las mismas naciones y también dentro de aquellas más ricas, como es el caso de los Estados Unidos.

Conjuntamente a la tendencia que favorece la concentración de los flujos de riqueza y de comercio se encuentra la de la concentración de la

4. Se trata de 23 naciones que incluyen a las naciones de Europa, Estados Unidos, Japón, Canadá, Australia y Nueva Zelanda en donde vive el 14,5% de la población mundial.

investigación científica y tecnológica (con relativa producción de bienes y servicios tecnológicamente avanzados) sobre las armas y sobre los bienes superfluos (el área del así llamado “tiempo libre”) con una reducción paralela (y de distorsión) en la proyección y producción de bienes de servicio para la calidad de la vida de las personas y del ambiente.

El aumento de la inversión en áreas de investigación y producción de armas es evidente. Como describió el físico Angelo Baracca (2005), son cada vez más elevadas las inversiones por parte de Estados Unidos, Israel, Gran Bretaña, etcétera, en armas nucleares. Después del tratado de no proliferación de armas del año 1970 y de los tratados Start 1 y Start 2 de los años noventa igualmente apuntados a la dirección de la no proliferación, se ha evidenciado el no respeto a estos tratados. Países como Estados Unidos, Israel y otros Estados nucleares mantuvieron y perfeccionaron la producción de armamentos nucleares y de armas nucleares de cuarta generación, como es el caso de la microbomba nuclear, teniendo en cuenta que la “presencia militar es un tumor social que genera tumores reales”.<sup>5</sup> De igual forma, es impresionante el aumento de inversiones en la industria del “tiempo libre”. En la tríada Estados Unidos-Unión Europea-Japón la innovación en las tecnologías para la comunicación y para la información ha traído como consecuencia que las facturas de la industria cinematográfica y televisiva sean cada vez más elevadas con respecto a las facturas de los sectores industriales tradicionales y que los productos que resultan de estas inversiones sean consumidos en todo el mundo. De hecho, esta concentración ha traído como consecuencia el aumento de las inversiones para la parte más rica de la población (inversiones en el área de los cosméticos, dietas, cirugía plástica, etcétera...) dejando a un lado la investigación para derrotar enfermedades presentes en la parte menos industrializada del mundo (donde los problemas principales son el acceso al agua potable y cómo no morir de hambre, y no el problema de las dietas o las cirugías plásticas).

5. En esta parte hacemos referencia al subtítulo del libro editado por el movimiento de científicas y científicos contra la guerra (2005), donde analizan las consecuencias devastadoras de la guerra y de la industria militar en la salud y en el ambiente de las poblaciones en diferentes partes del mundo.

Cabe señalar que se han experimentado estrategias tecnológicas destructivas como: a. la de las multinacionales farmacéuticas que para “resolver el problema del hambre” en el mundo imponen, a través de presiones de los organismos económicos internacionales, semillas genéticamente modificadas que sirven para aumentar solamente sus ganancias trayendo como consecuencia daños a mediano plazo en las áreas en donde estas semillas se están utilizando; b. la de las multinacionales farmacéuticas que no están interesadas en el alargamiento de sus utilidades a la parte más pobre del mundo que necesita los fármacos retro virales para el tratamiento del sida y de otros medicamentos, prefiriendo la imposición del costo de los mismos que no pueden ser pagados por estas poblaciones pobres pero sí por parte de la población más rica del mundo.

Después de haber analizado estas tendencias nos podemos preguntar, sin que peque de ser demasiado abstracta y superficial la investigación de trayectorias tecnológicas/empresariales alternativas al pensamiento neoliberal, si es realista, como escribe Serge Latouche, “una sociedad que sitúe lo económico y lo técnico dentro de lo social, que reencarne Prometeo, y que sitúe lo económico y lo técnico en el rol subalterno que le corresponde, en lugar de confiar en el dominio ilimitado de una competencia ciega y generalizada para las soluciones de todos los problemas humanos” (Latouche, 1995: 78).

Frente a esta interrogante se pueden dar dos respuestas. La primera está presente en libros como aquel de Castoriadis (1996), Latouche (2003 a y b) y Petrella (2004). Es necesario, como escriben Castoriadis y Latouche, tener el coraje en las naciones donde vive el 20% de la población rica de “descolonizar lo imaginario” e interrumpir la desequilibrada carrera hacia el continuo aumento de la producción de bienes destructivos y superfluos imaginando una sociedad en donde la ganancia deje de ser el valor central, poniendo a su vez palabras clave nuevas como el “decrecimiento”, y un pensamiento creativo contra la economía del absurdo. Es necesario, como escribe Petrella, retomar el derecho de soñar, porque “soñar no es escapar de la realidad, es descolgarse de las evidencias, dejar deliberadamente los caminos de la obligación, y proyectarse en una realidad que se atreva a pensar diferente”.

La segunda respuesta es que, a pesar de las recurrentes celebraciones de triunfo por parte de los sostenedores de la globalización, o la desesperación y el sentido de derrota por parte de los pesimistas, los “lazos sociales” (Barcellona, 1990) entre las personas y su comunidad han permitido sobrevivir a la marginalización económica, la desestabilización política, a los planes de ajuste estructural, y a la competencia desenfrenada intrínseca del proceso de globalización. Como señala Latouche, quien retoma el término “megamáquina” del análisis de Luis Mumford para indicar el sistema tecnológico emergente: “la megamáquina que no está privada de defectos, no es totalmente homogénea. El análisis de Jaques Ellul sobre la técnica es justo en general, pero su conclusión pesimista me parece demasiado excesiva” (Latouche, 1995: 76).

Por esto es posible individualizar en las diferentes partes del mundo experiencias de trayectorias tecnológicas/empresariales que se insertan en los espacios dejados por la “megamáquina” y que se alejan del pensamiento neoliberal. Estas experiencias pueden ser reagrupadas al menos en cuatro puntos: 1. Experiencias de trayectorias tecnológicas creativas que se producen dentro de los procesos de autodeterminación de las comunidades dentro de un área determinada (como es el caso del Movimiento zapatista en Chiapas, o el del Movimiento Sin Tierras en Brasil); 2. Experiencias de trayectorias tecnológicas creativas que se llevan a cabo en áreas específicas con el objetivo de contrastar políticas particularmente violentas de las multinacionales que intentan privatizar el agua, o vender a precios inaccesibles medicinas esenciales para la supervivencia de millones de personas, vender semillas modificadas genéticamente, aunque sepan que esta venta producirá efectos negativos para la supervivencia alimenticia de esas poblaciones y otras por el estilo; 3. Experiencias de trayectorias tecnológicas creativas por parte de las multinacionales que se mueven contra corriente como es el caso del grupo BLIHR anteriormente mencionado; 4. Experiencias de trayectorias tecnológicas creativas alternativas con el objetivo de valorizar la competencia y responder a las necesidades de los agregados sociales, que en la mayoría de los casos poseen un riquísimo conocimiento tradicional y la capacidad empresarial pero que a su vez son débiles desde una pers-

pectiva económica o de poder (comunidades indígenas, comunidades de inmigrantes, mujeres y hombres que habitan en las áreas rurales más pobres, mujeres y hombres minusválidos, etcétera).

En este ensayo presentaremos solamente experiencias de trayectorias tecnológicas creativas que se puedan reagrupar en la cuarta de las categorías descritas anteriormente. Primero presentaremos una definición articulada sobre “trayectoria tecnológica creativa”. Posteriormente expondremos tres estudios de caso y finalmente enunciaremos algunas de las conclusiones.

## Como se puede definir el término “trayectorias tecnológicas creativas”

El concepto de “trayectoria tecnológica” lo introdujo Giovanni Dosi (1982) con el objetivo de contrastar el término “paradigma tecnológico” (en analogía al contraste establecido por Kuhn entre trayectoria científica y paradigma tecnológico). De acuerdo a Dosi, un “paradigma tecnológico es un conjunto de prospectivas, una ventaja definida de posibles modos de actuar, una definición de problemas relevantes y del conocimiento necesario para resolverlos”<sup>6</sup> mientras que “trayectoria tecnológica” son las direcciones concretas tomadas por un actor (una empresa) teniendo en cuenta tanto las presiones impuestas por la tecnología hasta la dirigida a favor de las innovaciones tecnológicas incrementales o innovaciones de ruptura (se refiere en este caso a las *technology push theories*), sea de las presiones del mercado (se refiere a las *demand-pull theories*) tomando en cuenta que entre estas presiones el actor al que hacíamos referencia previamente deberá tener en cuenta cada vez más las ventajas/desventajas relativas en términos de ganancia que comporta cada trayectoria.

Esta nueva propuesta ha tenido un gran éxito no sólo porque define la tecnología como un conjunto de conocimientos incrementales, sino también porque da la posibilidad de considerar las diferentes trayectorias tecnológicas realizadas concretamente dentro del espacio/tiempo de las

6. Traducción propia del italiano.

diferentes fases atravesadas por éstas (fase de creación, fase de experimentación, fase de formalización a través de las patentes o respecto de las normas, fase de industrialización, fase de venta o difusión, fase de reacción por parte de los consumidores) en toda su relativa incertidumbre dependiendo siempre de las presiones constantes (tecnológicas, sociales y de mercado) y de las elecciones sujetas a los costos/beneficios. Este modo de actuar dentro de los vínculos de la competencia del mercado y del desarrollo tecnológico sucesivamente se ha hecho más complejo introduciendo en este esquema el análisis de las “externalidades negativas” y de los “costos sociales” para recomponer la base de la evaluación de la “eficiencia” de la inversión.<sup>7</sup>

Además, es importante tomar en cuenta que al analizar una trayectoria simple, se tiene la ventaja de contraponerse a términos como “sistema técnico” o “macrosistema técnico”<sup>8</sup> que fueron definidos considerando las diferentes tecnologías (y las distintas trayectorias tecnológicas) y que por esto tienden a “hacer sistema” produciendo interdependencias tecnológicas con las cuales la trayectoria simple se tiene que enfrentar. La relación existente entre trayectoria tecnológica y “macrosistema técnico” es una relación “abierta” en el sentido que la presencia del llamado “macrosistema técnico” (como en el caso del llamado paradigma tecnológico) es una de las presiones ejercidas sobre la trayectoria pero no existe una relación determinista.

Es necesario tomar en cuenta que en el análisis de Dosi el término “trayectoria tecnológica” es insertado en una lógica “neutral” de competencia/competitividad entre las empresas sin poner en discusión los escenarios del neoliberalismo. ¿Qué sucederá si dentro de las posibles trayectorias tecnológicas se considerasen aquellas que se separan del pensamiento neoliberal? Estas trayectorias tecnológicas están definidas en este ensayo con el término “trayectorias tecnológicas creativas”, con el objetivo de contraponerlas a las “trayectorias tecnológicas destructivas” resultantes de los escenarios tecnológicos nominados anteriormente. Es

7. Ejemplos que van en esa dirección son la literatura que se refiere a Michael Porter y a la desarrollada recientemente por Gereffi y Kaplinsky sobre las cadenas de producción, en donde también participan los países en vía de desarrollo.
8. Sobre esta temática se aconseja el libro de A. Gras (1993).



por esto que la finalidad que perseguimos es presentar su definición, y sucesivamente, su verificación.

Con el objetivo de definir el término “trayectoria tecnológica creativa” es preciso considerar las contribuciones de Andrew Feenberg (véase Feenberg, 1991, 1995, 1999) que afrontan desde un punto de vista de filosofía de la ciencia las teorías críticas de la tecnología y la posibilidad de una tecnología alternativa.

Feenberg presenta un cuadro muy elocuente sobre las teorías críticas de la tecnología en contraposición a la visión crítica “esencialista” de la tecnología que tiende (como Jacques Ellul) a ver la tecnología como autónoma y sustancialmente incontrolable. La teoría de Feenberg es una crítica “constructivista” que contesta en igual medida los principios de “eficiencia/ganancia/competitividad presentes en el pensamiento neoliberal, pero se puede tomar en cuenta a la hora de definir alguna de las trayectorias tecnológicas alternativas a los valores dominantes de la “modernización”. Feenberg (1995) analiza las luchas de los movimientos ecológicos contra los nucleares, las trayectorias alternativas en el caso de los experimentos médicos, de las redes comunitarias informales que utilizan la tecnología de la comunicación y sobre la base de esta investigación Feenberg (1999: 268) concluye con la siguiente afirmación: “Las luchas inesperadas contra la energía nuclear, el acceso a tratamientos experimentales y la inclusión de los usuarios a la programación informática nos hacen recordar que el devenir tecnológico no es para nada predeterminado. La existencia de estas luchas sugiere la posibilidad de una mutación de la forma de racionalidad técnica. Ellas presentan una construcción de la modernidad donde la tecnología es capaz de reunir un mundo dentro de sí misma, en lugar de reducir el ambiente natural, humano y social a un mero recurso. En lugar de tomar del sistema socio-económico dominante una mayor cantidad de bienes, el objetivo debe ser el de definir un mundo mejor en el que todos podamos vivir, un ideal realizable de abundancia de seres humanos libres e independientes. Si la tecnología se incluyese en el movimiento democrático de la historia, entonces podríamos tener la esperanza de vivir en un futuro muy diferente de aquel que la crítica esencialista prevé. En este futuro posible,

la tecnología no es un destino que es necesario aceptar, sino que es un desafío a la creatividad política y social”.<sup>9</sup>

Individualizar “trayectorias tecnológicas creativas” significa por tanto hacerlo en el sentido de Dosi (no sobre la base de la lógica empresarial), que no tengan como finalidad única y decisiva la búsqueda de la mayor ganancia posible, sino que es necesario tomar en cuenta principios sociales, de solidaridad y bienestar para el mayor número posible de personas a través de modos alternativos (“creativos”) de llevar a cabo la investigación, el estudio, las producciones, las asociaciones, el mercado, el crédito y el consumo.

La globalización ha impuesto una hegemonía cultural sobre el concepto de mercado, sociedad y modernización capaz de abarcar toda la realidad humana y, como escribe Jacques Génèreux (2004), quien forma parte del MAUSS (Movimiento Antiutilitarista de las Ciencias Sociales), cuando un concepto alcanza el estado de “imperialismo semántico” (Génèreux, 2004: 84), tiene el poder de reducir o eliminar completamente las nociones de que pueden existir “otras formas”, reduciendo de esta forma la capacidad de resistencia a los poderes dominantes.

Esta especie de dogmatismo divide prácticamente la sociedad en al menos tres campos diferentes: a. los que promueven y creen en la grandeza de la liberación, privatización e internacionalización; b. los que sienten que la globalización debiese ser regenerada confiriéndole una “cara humana”, con una participación de “abajo”, y un poco “deglobalizada”; y finalmente c. los que aparentemente pertenecen a una clase media, apática a la causa, que acepta el status quo en lugar de correr el riesgo de moverse en el territorio desconocido de las alternativas. ¿Cómo salir de estas tres vías que identifican situaciones de aceptación, pequeñas modificaciones o pasividad? El camino indicado por Génèreux es aquel de tener presente que “la doble idolatría del capitalismo como un dios o como el diablo crea de esta manera las dos caras del muro que obstaculiza el camino que puede llevar a una verdadera revolución social” (Génèreux, 2004: 87) y que “el neoliberalismo que ha sido denunciado por los movimientos a favor de otra globalización no representan

9. Traducción propia del italiano.

la muerte de lo político frente a la economía triunfante sino que es el triunfo de una política que favorece a los titulares del capital” (Généreux, 2004: 98).

La invitación de Généreux a “recomenzar a hacer política” en contra del pensamiento neoliberal “se puede hacer en nuestros días a través de estrategias colocadas en diferentes niveles: a. en el nivel mundial, como hacen Amnesty Internacional y otras organizaciones internacionales, apoyando las iniciativas propuestas por la Comisión de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas, las campañas para sabotear a las compañías que producen armas, las que imponen la Tobin Tax a los movimientos de capitales especulativos, etcétera; b. en el nivel local mediante movimientos políticos, como en el caso de Francia, propuestos por la revista *Décroissance*, o en Italia por la Carta del Nuevo Municipio; c. en el nivel nacional, a través de sindicatos y partidos que tomando en cuenta la invitación hecha por Généreux a los militantes de los movimientos “a entrar en los partidos políticos tradicionales con el objetivo de dar un peso mayor a todos aquellos que se quedaron con una cierta abnegación, manifestando que justo cuando la política es más decepcionante se hace necesario hacerla”. (Généreux, 2004: 103)

Es necesario mencionar que en las diferentes elecciones políticas presentes en el contexto determinado en que las trayectorias tecnológicas creativas se desarrollan influyen seguramente la difusión y el impacto político. Por esto es importante analizar que estas trayectorias no representan necesariamente la “mejor solución posible” en el contexto dado y que en esta fase no es razonable elegir una entre las tres estrategias políticas posibles (a nivel mundial, local o nacional).

Una trayectoria tecnológica se puede definir como “creativa” (con todos los límites políticos que ésta presenta) si, como resultado de esta trayectoria, una determinada comunidad o un grupo de personas desde el tiempo  $t$  al tiempo  $t+1$  se ha distanciado del pensamiento neoliberal, y como consecuencia su calidad de vida, conocimiento y capacidad de vida aumentan, reforzando los lazos de solidaridad entre los que trabajan en esta trayectoria, valorizando los recursos ambientales y culturales presentes. Como estas trayectorias tienen finalidades diferentes a aquella

de la exclusiva búsqueda de ganancia, estas líneas tecnológicas creativas representan un momento de emancipación del pensamiento neoliberal y de su tendencia tecnológica destructiva o de cualquier modo indiferente a las necesidades reales de las personas.

Por esto se puede hablar de “trayectoria tecnológica creativa” cuando la acción que ha llevado a cabo un grupo de personas asociadas en formas y estructuras diversas (de la asociación a la empresa, de la estructura bancaria a la política de un ente local) tiene como objetivo en primer lugar el mejoramiento de la calidad de vida de todas las mujeres y hombres de una determinada comunidad y en segundo lugar es autosostenible y en grado de oponerse a las lógicas de explotación del capitalismo.

“Convivencia” y “autonomía” pueden ser identificadas como los dos términos principales que caracterizan a una trayectoria tecnológica creativa. “Convivencia”, en el sentido descrito por Iván Illich (1973), es el placer de vivir juntos y de compartir los objetivos de una trayectoria laboral/tecnológica/empresarial en donde la innovación tecnológica esté estrechamente vinculada con la innovación social, el conocimiento técnico científico con lo humanístico, y la ética con la economía. “Autonomía” se puede definir como el control de todas las personas que participan en la trayectoria tecnológica/empresarial de decidir sobre la organización de su trabajo y de desarrollar su conocimiento tecnológico y humano enlazado con el crecimiento y valorización de los recursos ambientales y culturales de la comunidad en donde esta trayectoria toma lugar.

La convivencia es un sinónimo de participación, mientras que la emancipación es un sinónimo de autonomía colectiva. De esta forma los actores de una determinada trayectoria y del contexto en que dicha trayectoria se desarrolla (trabajadores, consumidores, prestamistas, productores, administradores, etcétera) son capaces de alejar el aire “frío” que trae el mercado capitalista y reconstruir el círculo “caliente” de la solidaridad y de la comunidad.

Las características de estas “trayectorias tecnológicas creativas” pueden ser diversas y se hace necesario analizarlas punto por punto, porque como fue mencionado anteriormente, no se trata de individualizar “la mejor solución posible” sino de documentar una trayectoria que, no

obstante sus límites, permite un desplazamiento positivo de un conjunto de condiciones en que viven las mujeres y los hombres en el tiempo  $t$  a un conjunto de condiciones mutadas como resultado de la trayectoria tecnológica en el tiempo  $t+1$ .

Los puntos que se deben tomar en cuenta cuando analizamos estas trayectorias son los siguientes:<sup>10</sup> a) *dimensión social*: la dimensión relacionada con las personas que participan en la realización de estas trayectorias tecnológicas, que se ejemplifica en la producción de un bien dado o servicio, y también la dimensión relacionada de estas personas con las que forman parte del contexto o territorio en donde esta trayectoria toma lugar, y si es el caso de una trayectoria de “red larga” la dimensión relacionada con las personas que en contextos lejanos son los destinatarios de los productos o servicios emanados de esta trayectoria; b) *dimensión ambiental*: el respeto por la naturaleza y por la salud de las personas que forman parte de la trayectoria en todas sus fases; c) *dimensión económica*: el equilibrio de los costos necesarios para la realización de una determinada producción además de ventajas económicas que se derivan de dicha producción (calidad superior, menores costos de gestión de los desperdicios, autonomía de los trabajadores...); d) *dimensión organizativa*: el análisis de la constelación de actores y del espacio necesario para la realización de la trayectoria creativa; e) *horizonte temporal*: cambios internos y externos que tienen lugar en el tiempo y que influyen en el alcance de los objetivos que fueron previstos en un inicio; f) *valorización de la diversidad*: la capacidad de la trayectoria creativa de apreciar y valorizar la diversidad que caracteriza a las personas partiendo de la diversidad entre mujeres y hombres (diversidad de género, edad, educación, diferentes habilidades, etcétera) g) *adaptabilidad*: la capacidad de la trayectoria de adaptarse a las necesidades de las personas que participan en la trayectoria y a los diversos contextos en donde la trayectoria tiene lugar; h) *participación*: la participación directa de la mayor cantidad de actores y categorías de personas en la trayectoria desde la fase de planificación hasta la de realización de productos o servicios;

10. Estos diez puntos, como fue precisado por Capecchi (2004), fueron utilizados en el sitio <[www.tecnologiadisabile.it](http://www.tecnologiadisabile.it)>, en donde se presentan las buenas prácticas de innovación tecnológica y social a favor de las personas ancianas y minusválidas.

i) *transferencia*: la posibilidad de que una trayectoria tecnológica creativa pueda ser reproducida en un contexto cultural y territorial diverso. Esta variable debe tomar en cuenta los costos del proyecto y de innovación que permitirán la reproducción de la trayectoria tecnológica creativa en otro contexto; j) *límites y desarrollos*: la identificación de los límites y de las posibles modificaciones que pueden llevarse a cabo con el objetivo de mejorar la trayectoria.

La identificación de las “trayectorias tecnológicas creativas” como “buenas prácticas” debe llevarse a cabo evidenciando tanto los aspectos positivos como las carencias que pudiesen nacer dentro de los diferentes puntos mencionados anteriormente. Es solo con una identificación y con una evaluación non-hagiográfica de las trayectorias tecnológicas creativas que es posible contribuir a la transferencia de estas “buenas prácticas” y permitir una reflexión problemática, pero no pesimista, de las alternativas posibles al pensamiento neoliberal.

## Ejemplos de trayectorias tecnológicas creativas

En la selección de estas tres trayectorias tecnológicas creativas fueron considerados los ejemplos del tipo [4], ya que el objetivo común de estas trayectorias es el de valorizar y responder a las necesidades de la capa social más débil desde un punto de vista económico y de poder dentro de la comunidad (comunidades indígenas, de inmigrantes, mujeres, hombres que viven en las áreas rurales más pobres, mujeres y hombres minusválidos, etcétera...).

Con el objetivo de demostrar que el espectro de ventajas de la puesta en práctica de las trayectorias tecnológicas creativas es muy amplio en la selección, tuvimos presente no sólo diferentes continentes (África, América Latina, Asia, Europa), sino también a diferentes sujetos promotores (una asociación, una cooperativa de producción, un banco, un centro de investigación relacionado con la política estatal y regional).

Lo que tienen en común y unifica a estas tres experiencias es que se trata de trayectorias creativas llevadas a cabo por entes locales y no a

través de cooperación internacional, en donde los representantes de la tríada financian trayectorias tecnológicas que incluyen actores de otras partes del mundo.

De los casos analizados resulta claro que estas trayectorias tecnológicas creativas, si se utilizara el método de cálculo empresarial costos/beneficios, optimizan el resultado social y minimizan el costo de la explotación social y ambiental. Por esto son consideradas creativas las trayectorias tecnológicas que evolucionan tomando en cuenta objetivos de eficiencia social colectiva (y no exclusivamente una eficiencia productiva), favoreciendo formas convivientes de participación, en lugar de sistemas de producción que prevén la subsistencia de la comunidad pero que son dañinos al ambiente o a las personas. Estos casos de trayectorias deben considerarse “destructivas” (como es el caso extremo del cultivo de opio para la exportación).

## Trayectoria 1: la unión de las comunidades indígenas productoras de café en la región del Istmo (UCIRI) Oaxaca, México<sup>11</sup>

**BREVE RESEÑA HISTÓRICA:** La producción de café en las montañas de Oaxaca existe desde hace más de cien años. Al inicio de los años setenta, el Instituto Mexicano del Café comenzó a supervisar la presencia y las actividades de los pequeños productores de ese producto en la región. En 1983 un grupo de misioneros promotores de la Teología de la Liberación apoyaron la creación de la primera cooperativa de productores de café. A diferencia de la primera generación de cooperativas de productores de café nacidas a finales de los años setenta –como consecuencia de la movilización social provocada por la caída de precios–, esta pertenece a una segunda generación de organizaciones autónomas que emergen del despertar de los movimientos sociales de los años ochenta.

11. Laurie Waridel *et al.*, 2001.

- I. *Dimensión social:* El estatuto de la cooperativa está basado en principios de solidaridad y por esto su objetivo es la búsqueda del bien común para todos sus miembros.
- II. *Dimensión ambiental:* La introducción de producciones biológicas ha eliminado todo tipo de utilización de pesticidas y fertilizantes. Por otra parte el crecimiento demográfico de la comunidad está trayendo como consecuencia la explotación excesiva de la tierra cultivable.
- III. *Dimensión económica:* Las ganancias de las ventas de café se distribuyen entre los productores e inversionistas en los sectores sociales (escuelas, salud) para mejorar la calidad de vida de la comunidad local. La venta es el resultado de la tendencia del *fair trade* al que las cooperativas se han unido para lograr una mayor distribución en Europa.
- IV. *Dimensión organizativa:* Variable no analizada todavía.
- V. *Horizonte temporal:* No ha sido posible verificar el resultado de las innovaciones tecnológicas y de los productos que fueron adoptados por las cooperativas.
- VI. *Valorización de la diversidad:* La organización tiene una estructura horizontal, en la que los hombres y las mujeres están en igualdad de condiciones tanto en la producción como en la toma de decisiones. Aunque los hombres participen aparentemente en un mayor número de reuniones, no toman decisiones de forma autónoma e inmediata sin antes discutir las con las respectivas esposas.
- VII. *Adaptabilidad:* La estructura comunitaria es muy flexible y se adapta fácilmente a los cambios que de hecho han tenido lugar en su historia, como es el caso de la transformación del cultivo tradicional al biológico.
- VIII. *Participación:* La cooperativa está compuesta por 53 comunidades, alrededor de 2350 personas (en 2001). El nivel de participación es muy elevado ya que cada comunidad está representada por un delegado que tiene la tarea de reportar la discusión que se llevó a cabo durante la asamblea general a los representantes de las familias de las diferentes comunidades que forman parte de la cooperativa. Las familias



están a su vez representadas por turno por el miembro cabeza de familia, que puede ser mujer u hombre. Muchas de las comunidades pertenecen al grupo indígena matriarcal Zapotecas.

- IX. *Transferencia*: Experiencias similares existen, aunque en otras partes de América Latina. La particularidad de esta trayectoria es la coyuntura política que las hizo nacer.
- X. *Límites y desarrollo*: La hostilidad por parte de los intermediarios locales del café. Por otra parte, con el pretexto de que apoyaban al Ejército Zapatista de Liberación Nacional, los militares asesinaron al menos 39 personas entre 1985 y 1992. Otro límite que a nuestro parecer es muy fuerte, es la dependencia de esta cooperativa a los mercados externos que forman parte del *fair trade*, aunque los datos demuestran una expansión fuerte de este sector del comercio (+20% al año en Europa)

## Trayectoria 2: experiencia de una banca de microcrédito, la Grameen Bank dirigida por Muhammad Yunus, con el objetivo de favorecer las experiencias empresariales (en particular las femeninas) en Bangladesh<sup>12</sup>

**BREVE RESEÑA HISTÓRICA:** La historia de la Grameen Bank está relacionada con la vida de Muhammad Yunus. Yunus nació en el año 1940 en Chittagong, principal puerto mercantil de Bangladesh, y se graduó en economía en la Universidad de Dhaka. En 1965 ganó una beca de estudios llamada Fullbright para estudiar en los Estados Unidos, primero en la Boulder y posteriormente en la Vanderbilt University, en donde tomó lecciones de estadística avanzada con Nicholas Georgescu-Roegen, autor innovador de libros como *Bioeconomía*, libro traducido por Mauro Bonaiuti (2003). En la Universidad Vanderbilt finaliza su doctorado en economía y regresa a la India en el año 1972. En su estadía en los Estados Unidos apoyó

- 12. La fuente principal usada es el libro de Muhammad Yunus, 2004 y los artículos de Muhammad Yunus en el sitio <[www.grameen-info.org](http://www.grameen-info.org)>. En particular los artículos “Grameen Bank at Glance” (agosto 2005) y “What is Microcredit?” (agosto 2005).

continuamente los movimientos de liberación de Bangladesh. Una vez en la India, Yunus comienza a dar clases en la Universidad en donde se había graduado y forma parte de la comisión planificadora del gobierno electo desde hacía muy poco tiempo, que se encuentra frente a la carencia terrible del año 1974. Posteriormente decide concentrar su atención sobre cómo ayudar a la población rural de Bangladesh, y la historia sobre cómo se imagina y funda en el año 1977 la Grameen Bank está descrita en su libro (edición original 1997) que se titula *Hacia un Mundo sin Pobreza*. El nombre Grameen se deriva de la palabra *gram* que significa “pueblo” y por esto el adjetivo Grameen se puede traducir como “rural” o “de pueblo”. En sus inicios la Grameen Bank nace como una filial experimental del Banco Agrícola de Bangladesh (Bangladesh Krishi Bank), convirtiéndose en un banco autónomo en el año 1983. La idea de los préstamos a favor de las personas pobres nace con el encuentro de una mujer india que para construir cestas de mimbre para vender no podía tomar prestado dinero de forma regular para comprar la materia prima como el bambú. La única forma de tomar dinero prestado era a través de la usura, lo que significaba que una vez vendidas las cestas y pagadas las deudas con el usurero la ganancia era bajísima. Este encuentro marca el destino del banco ideado por Yunus, ya que decide no solo fundar un banco que preste dinero en pequeñas cantidades a los pobres sino que el punto de referencia de este banco será la mujer. Tradicionalmente, en Bangladesh los bancos concedían préstamos solamente a los hombres y por esto el hecho de que el punto de referencia de este banco sea las mujeres se convierte en una acción cultural de extrema relevancia. La estrategia que sigue Muhammad Yunus es muy innovadora. Para conceder los préstamos con el objetivo de mejorar o construir una casa era necesario que la propiedad del terreno fuese de la mujer, ya que el empréstito se concedía sólo a las mujeres. Al inicio estas disposiciones no fueron aceptadas, ya que la propiedad del terreno o de la casa era tradicionalmente masculina, pero como el deseo de tener una habitación, una “casa verdadera” era tan grande los maridos aceptaron el paso de propiedad del terreno a favor de las esposas de forma tal que pudiesen obtener el empréstito y como consecuencia de esto se evidenciaron más de 700.000 traspasos de propiedad de hombres

a mujeres. Se fundó además la estructura Grameen Bank para favorecer a las mujeres emprendedoras. Para financiar un proyecto se exige que al menos cinco mujeres lo soliciten, entre las cuales una será electa como la titular del empréstito. Posteriormente se eligen mujeres con responsabilidades más amplias, que representarán el proyecto en cada pueblo. Debe destacarse que en cada pueblo hay al menos 50 mujeres que están asociadas a la Grameen Bank y entre éstas se elige una que liderará las actividades empresariales de este pueblo. En la actualidad, la Grameen Bank (<[www.grameen-info.org](http://www.grameen-info.org)>) tiene proyectos en 36.000 pueblos de Bangladesh activando de esta forma trayectorias de microcrédito y empresariales que han llevado a cabo proyectos tales como: 1) préstamo a favor de mujeres provenientes de diferentes pueblos que compraron un teléfono celular que rentan a los habitantes de dichos pueblos, 2) proyectos que han involucrado a 25.000 mendigos, obligándoles a mejorar sus condiciones de vida recibiendo préstamos (de 9 dólares) para comprar objetos o productos alimenticios que pueden vender al mismo tiempo que piden limosnas en las calles. En 1996 Muhammad Yunus recibió el premio Simón Bolívar de la UNESCO; en el 2004 el premio para la innovación económica y social de la revista *The Economist*; y en ese mismo año recibió honores en pedagogía en la Universidad de Bologna, Italia.

1. *Dimensión social:* Esta es la dimensión que hace especial a esta experiencia bancaria, que ante todo modificó radicalmente la relación tradicional existente entre el banco y el cliente (donde el cliente más rico es favorecido), cambiando además la relación tradicional de poder entre mujeres y hombres en muchos de los pueblos de Bangladesh. El Grameen Bank ha favorecido notablemente a las mujeres (datos compilados en el 2005), que representan el 96% de las 5.040.000 personas que operan (crédito o depósito) con este Banco. La capacidad emprendedora de las mujeres que forman parte de estos proyectos está basada en relaciones de solidaridad; todas tienen el objetivo común de llevar adelante proyectos conjuntamente (deben ser al menos 5 mujeres las que solicitan el préstamo para que éste sea aceptado por el Banco) o en la modalidad elegida por las mujeres líderes de los diferentes pueblos (cada 50 mujeres se elige una mujer líder).

- II. *Dimensión ambiental*: El cuidado del ambiente y la protección del patrimonio cultural de cada ciudad es la base de cada proyecto financiado por la Grameen Bank.
- III. *Dimensión económica*: La dimensión económica de esta trayectoria tecnológica creativa es notable. El balance del 2005 demuestra que hasta ese año se efectuaron préstamos con un valor de 5,01 billones de dólares y de éstos, 4,47 billones fueron restituidos con una cobertura de créditos erogados del 99,02%. En los últimos doce meses (desde septiembre 2004 a agosto 2005) el Grameen Bank prestó 553,03 millones de dólares. Los intereses pagados como resultado de los préstamos son cada vez más bajos que los existentes en el sistema bancario tradicional y se prevén cuatro tipos de intereses: 8% por préstamos para construir habitaciones, 5% en caso de estudiantes, 0% a los mendigos y finalmente préstamos que varían superiores a 8% (máximo 20%) para posibles inversiones capaces de generar ganancias elevadas. La característica fundamental de estos préstamos es que se restituyen a largo plazo.
- IV. *Dimensión organizativa*: El Grameen Bank tiene 1.609 ventanillas y opera en 56.012 pueblos. Emplea a 14.536 personas y está formado por estructuras de acuerdo a la especialización del Banco como tal (préstamos a favor de las micro-empresas, para construir habitaciones y para la capacitación, etcétera) o de acuerdo a la especialización de las empresas que el Banco ha fundado en el transcurso de los años como la Grameen Communications, la Grameen Shakti/Energy, la Grameen Cybernet, etcétera).
- V. *Horizonte temporal*: El Grameen Bank transfiere todas sus ganancias al Grameen Fund creado en el año 1994 para cubrir potenciales calamidades graves o desastres. En 1994 dichas ganancias fueron de alrededor 7,16 millones de dólares. Estas decisiones permiten que las ganancias del banco no sean gravadas por la tasa de la renta nacional.
- VII. *Adaptabilidad*: Las inversiones llevadas a cabo por el Grameen Bank siguen cuatro direcciones, que toman en cuenta las exigencias y potencialidades de la población rural de Bangladesh: a) *Habitación para las personas pobres*: el proyecto de reparación/construcción de habitaciones comenzó en 1984 y por cada habitación (donde la

mujer debía demostrar que era la propietaria) se concedió un préstamo máximo de 249 dólares americanos, que debía ser restituido en cinco años con pequeñas cuotas semanales (y un interés bruto del 8%). Desde el 1984 al 2005 se repararon/construyeron 623.801 habitaciones; b) *Préstamos a favor de las microempresas*: Hasta el 2005 se concedieron préstamos a 547.628 personas que deseaban crear microempresas. El préstamo medio consistía en 334 dólares y podía llegar hasta el máximo de 19.897 dólares; c) *Difusión de la educación*: Cada año alrededor de 8.500 estudiantes reciben becas de estudio o subsidios económicos; para contribuir a su educación, desde la escuela primaria hasta el diploma. Posteriormente, en el caso de la enseñanza universitaria, se le otorgan préstamos que les permiten frecuentar la Universidad y hasta el año 2005 el Grameen Bank concedió préstamos a 5.956 estudiantes; d) *Difusión de la red de iniciativas empresariales*: La Grameen Communication se especializa en servicios de tecnología para la comunicación e información; Grameen Shktli es la encargada de difundir fuentes de energía renovable en Bangladesh; Grameen Telecom es la que difunde la telefonía móvil en los pueblos (en la actualidad esta estructura está presente en 68.000 pueblos); Grameen Knitwear produce prendas de vestir y camisetas; Grameen Cybernet ofrece servicios web y soluciones tecnológicas a las empresas.

- VIII. *Participación*: La dimensión participación es la base de todas las iniciativas tomadas por el Grameen Bank y el ejemplo más significativo es la inclusión de las mujeres en la vida de las empresas que se han creado.
- IX. *Transferencia*: El extraordinario suceso del Grameen Bank ha traído como consecuencia la transferencia de esta experiencia a otras naciones. Hasta la fecha existen 168 Grameen Bank en 44 países, resultado que merece todo nuestro respeto.
- X. *Límites y desarrollo*: La mayor dificultad que ha enfrentado el Grameen Bank a la hora de transferir su experiencia es cómo tomar en cuenta los contrastes culturales presentes en los diferentes contextos. La experiencia de Muhammad Yunus en Bangladesh es una experiencia extraordinaria, ya que eligió favorecer los valores

de las mujeres en contra de los valores patriarcales y machistas presentes en estos pueblos. La transferencia de esta experiencia en otros contextos solo será posible si se toman en cuenta los valores presentes en las diferentes regiones del mundo, ya que el suceso de esta experiencia no es el suceso de una estrategia económica sino de una estrategia económico/cultural. No obstante estas dificultades, se prevén alargamientos de esta experiencia al punto que se presupone que en el año 2005 se otorgarán préstamos a 1,3 billones de personas pobres provenientes de todas partes del mundo.

### Trayectoria 3: proyectos de innovación tecnológica a favor de personas ancianas y minusválidas propuestos por el Centro Danés de Tecnología de Ayuda (*Hjælpmiddel Instituttet*) como parte del sistema de *welfare* vigente en Dinamarca<sup>13</sup>

**BREVE RESEÑA HISTÓRICA:** Para analizar la historia del Centro Danés de Tecnología de Ayuda es necesario tener presente las leyes vigentes sobre el *welfare* en Dinamarca. A partir de 1970 las políticas sobre el *welfare* fueron descentradas en Dinamarca por parte del Estado a favor de los 14 condados (regiones) y de 275 distritos (gobiernos locales). Las políticas del *welfare* danés toman las siguientes direcciones: a) cheques familiares otorgables en el caso de que las hijas o hijos tengan menos de siete años, con cheques más elevados si el hijo o la hija son adoptados; b) con el objetivo de incentivar el seguimiento de estudios universitarios el Estado da becas de estudio a estudiantes universitarios (para obtener estos incentivos es necesario pasar un proceso riguroso de admisión, ya que el número de becas es reducido); c) retribuciones económicas para los estudiantes que han terminado sus estudios y no consiguen trabajo (para acceder a dichas retribuciones es necesario que la persona tome cursos de capacitación profesional); d) retribuciones para los desocu-

13. Las fuentes utilizadas fueron: Capecchi, 2004; el sitio web del Hjælpmiddel Instituttet es <[www.hmi.dk](http://www.hmi.dk)>. Otro sitio que se aconseja su consulta es <[www.aaate.net](http://www.aaate.net)> y entrevistas de los autores.

pados, en el caso de que una persona haya trabajado en los últimos 3 años pero haya perdido el puesto de trabajo; e) pago de pensiones a todas las personas mayores de 67 años, independientemente del hecho de que hayan trabajado o no; f) cesión gratuita del equipamiento o servicios tecnológicos de todo tipo tanto a personas minusválidas como a ancianos que lo necesiten.

Para financiar este sistema de *welfare* la población danesa paga impuestos que se encuentran entre los más altos de Europa, pero es importante destacar que la mayor parte de la población acepta esta presión fiscal, ya que cada persona se beneficia de una estrategia de protección durante todas las fases de sus vidas.

El Centro Danés de Tecnología de Ayuda nació como resultado de una organización sin ánimos de lucro, fundada en el año 1980. Desde 1985 fue financiada por fondos públicos provenientes de la Association of County Councils (Asociación de los Consejos Regionales), y por las Comunas de Copenhague y Frederiksberg. Debe destacarse su participación en proyectos europeos o en consultorías externas que de alguna manera han contribuido al financiamiento de esta organización (por esto es una estructura financiada principalmente por fondos públicos aunque originariamente era privada). El Centro realiza proyectos de investigación y de desarrollo para difundir la innovación tecnológica a favor de personas ancianas y minusválidas. Organiza además cursos y conferencias, se ha destacado por la creación de un banco de datos sobre la *assistive technology* (tecnología de ayuda), edita un gran número de publicaciones y publica la revista del centro.

Para comprender el funcionamiento del centro, tomaremos en cuenta uno de sus proyectos, *La casa de Sofía*, realizado en la primera mitad de los años noventa. Con esta trayectoria tecnológica construyeron, dentro de un complejo residencial (el Sophielund Day Centre) para ancianos en la Comuna de Horsholm cerca de Copenhague, una casa equipada tecnológicamente. Todo el equipamiento y auxilios se hicieron mediante una estrecha relación entre varios actores.

Los principales objetivos alcanzados por este proyecto son los siguientes: a) el centro ha suministrado innovación tecnológica y compe-

tencia técnica para cumplir con las exigencias de las personas ancianas y minusválidas, a través de la interacción directa entre sus asociaciones y estructuras geriátricas de los hospitales daneses, que han llevado a las personas interesadas en esta temática a participar en la producción del equipamiento necesario; b) el centro, actuando en nombre del Estado danés, que es el “comprador” oficial de este equipamiento y auxilios, ha aumentado las exigencias y ha transformado el mercado de estos equipamientos y auxilios, pasando de un mercado de productos “especiales”, a un mercado “amplio”, y como consecuencia la caída de precios; c) el centro ha convocado a diferentes empresas a participar en este proyecto, estimulando así su capacidad empresarial a tal punto que estas empresas han creado un consorcio y exportan estos productos en Europa; d) el hecho de que estas tecnologías permitan una mayor autonomía de las personas ancianas y minusválidas en su casa o en su vida cotidiana ha traído por resultado el cambio de las políticas habitacionales, del transporte y de la vida en la ciudad o en áreas rurales danesas; e) las empresas productoras del equipamiento y de los auxilios se han dado cuenta cada vez más que las modificaciones y personalizaciones exigidas por las personas ancianas o minusválidas presentaban niveles de flexibilidad que gustaban a su vez al “gran público”: por ejemplo, el hecho de tener en la cocina un lavadero/plano de cocina que se pueda subir o bajar es una opción que gusta a todas y todos. Las soluciones tecnológicas pensadas para personas ancianas o minusválidas fueron por esto en muchos casos introducidas en los productos para el “gran público”, logrando una línea que se denominó “easy line”, de productos que son más fáciles de usar.

La visita a esta habitación de setenta metros cuadrados permite la comprensión de cuál pudiese ser la dirección de una “casa tecnológica” para personas ancianas o minusválidas. La primera impresión es aquella de entrar en una habitación normal danesa (muebles de madera, cortinas en las ventanas, flores, etcétera). Es solamente después de esta primera impresión que se advierten todas las pequeñas y grandes innovaciones pensadas para ayudar a “vivir bien” a una persona que se mueve sobre una silla de ruedas y que presenta dificultades para llevar a cabo muchas de las actividades de la vida cotidiana. Por ejemplo la meseta en donde



se cocina está seguida por la meseta donde se preparan los alimentos, facilitando así la movilidad de ollas o calderos de una meseta a la otra; del grifo sale un tubo que permite llenar de agua las ollas cuando éstas se encuentran sobre la cocina; todos los muebles que se encuentran en la cocina (mesa, lavadero, cocina) se pueden bajar o subir, adaptándose así con mayor facilidad a la silla de ruedas de un minusválido; todas las puertas de los estantes, muebles colgantes y microondas se construyeron de forma que permitan su apertura con un mínimo esfuerzo; los utensilios están concebidos para personas que pueden tener artrosis en las manos (se muestra por ejemplo un cuchillo con un cabo que permite la entrada y la salida); las ventanas se abren con un control remoto, el mando de todas las fuentes de calefacción es informatizado, etcétera; particularidades muy detalladas están presentes igualmente en el cuarto, la sala y el baño que, como en el caso de la cocina, presentan innovaciones mínimas (simples soluciones que facilitan la lectura del periódico a personas con dificultades en la vista o soluciones simples que permiten a personas que están en silla de ruedas, acceder a los armarios, al igual que innovaciones de mayor complejidad (la cama y el baño proyectados modularmente que permiten a personas que presentan minusvalías de movimiento graves permanecer en su habitación; está previsto, por ejemplo, la construcción de un sistema teleférico que permitiría transportar a personas minusválidas desde la cama hasta el baño). Además, están presentes todas las innovaciones relacionadas con la informática, desde la apertura automática de las puertas hasta las ventanas, control de las calefacciones y de posibles fugas de gas, hasta la estructura de un pronto auxilio telefónico que permite a estas personas, a través de la presión de un aparato muy ligero (que llevan colgado como un collar o en el brazo como un brazaletes) advertir, en caso de enfermedad, al hospital local, donde existe un tipo de operador dedicado a este fin y que se puede contactar las 24 horas del día, que responde inmediatamente y puede ver a través de una cámara que comunica el hospital con la habitación (lo que le sucedió a la persona que vive en la casa descrita previamente), facilitando así el auxilio a este paciente.

- I. *Dimensión social:* La dimensión social es tomada en cuenta por el Centro en muchas direcciones. Los proyectos auspiciados por este centro tienen presente ante todo la importante participación de personas ancianas y minusválidas en la experimentación y proyectos del equipamiento tecnológico y de los auxilios desde la fase experimental, como muestra el proyecto *La Casa de Sofia*. La dimensión social está al centro de la colaboración entre los diferentes actores que forman parte de cada proyecto. Estos son los que hacen posible el suceso de las iniciativas. Entre ellos podemos mencionar: gobierno nacional, gobiernos locales y centros de investigación, asociaciones de personas ancianas y minusválidas, centros de asistencia e investigación geriátrica, estructuras hospitalarias para favorecer la teleintervención rápida, empresas, asociaciones de empresas, sindicatos. La presencia de más actores públicos se hace visible en el consejo de administración del Centro.
- II. *Dimensión ambiental:* La conservación del medio ambiente y la lucha contra la contaminación son elementos presentes en los proyectos llevados a cabo por el gobierno danés, desde las calles para bicicletas presentes en toda la ciudad y en zonas rurales danesas, hasta la difusión de fuentes de energía renovable no contaminantes como la eólica.
- III. *Dimensión económica:* El punto de partida de esta estrategia no es solo social (mejorar la calidad de vida de personas ancianas o minusválidas permitiéndoles vivir autónomamente en apartamentos equipados tecnológicamente) sino también económico. Investigaciones como las llevadas a cabo por George W. Leason realizadas a finales de los ochenta a nombre de la asociación danesa más importante para las personas ancianas, la EGV Fonden di Copenhagen (Leason, 1988a, 1988b, 1989a, 1989b, el sitio web del EGV - Fonden es <[www.egv.dk](http://www.egv.dk)>), fundada en 1910, han demostrado que en Dinamarca a mitad de los años ochenta el costo de una persona anciana protegida con asistencia médica y paramédica continua era de 34.000 dólares por año, mientras que esta cifra se reducía a 17.000 dólares si la persona era asistida a domicilio. Por otra parte, en otros estudios del mismo tipo se remarcaba que se podían ahorrar

alrededor de 5 millones de coronas danesas con la implementación de la asistencia a domicilio, además de una disminución gradual de camas en los hospitales. Consecuentemente, la asistencia a domicilio, como resultado de la implementación de innovación tecnológica que anima a las personas a quedarse en su propia habitación, comporta no sólo implicaciones sociales sino también económicas. Partiendo siempre desde un punto de vista económico se hace necesaria la creación de nuevas empresas o el crecimiento de las potencialidades tecnológicas de empresas ya existentes en el área de las tecnologías para las personas ancianas o minusválidas. Como consecuencia de esto se fundó en 1988 el consorcio EXSOS (Export of Social Systems Scandinavian Style) que se privatizó en 1996 (<[www.exsos.com](http://www.exsos.com)>) y mantuvo como objetivo la exportación de productos y servicios tecnológicos experimentales en Dinamarca y en países escandinavos. También es necesario tomar en cuenta las iniciativas económicas tomadas a nivel nacional, posteriores a proyectos como *La Casa de Sofía*, sobre las políticas públicas en materia habitacional: a) mejoramiento en las habitaciones existentes con posibilidad de acceder a las ayudas técnicas y sociales (asistencia a domicilio, teleintervención rápida público 24 horas) para garantizar a las personas ancianas o minusválidas vivir en su domicilio el mayor tiempo posible; b) edificación de casas nuevas construidas y arregladas como *La Casa de Sofía*, permitiendo así el uso por parte de personas ancianas o minusválidas de dichas habitaciones cuando éstas no pudiesen ser modificadas; c) centros diurnos difundidos sistemáticamente en todo el territorio que ofrezcan almuerzo o iniciativas sociales de recreación para favorecer a las personas ancianas o minusválidas; d) casas protegidas para personas ancianas o minusválidas que exigen una asistencia continua por parte del personal médico o paramédico. En la actualidad esta estrategia habitacional la lleva a cabo el gobierno danés y la Comisión europea, en el plan de acciones del 2003 (Commission de Communauté Européennes, 2003: 13), con el objetivo de igualar las oportunidades a las personas minusválidas. Este plan subraya entre las buenas prácticas el hecho de que en Dinamarca se definió

un presupuesto para llegar, en el transcurso de los próximos años, a construir de 800 a 1.200 apartamentos equipados de modo de permitirles a las personas ancianas o minusválidas vivir autónomamente sin necesidad de ir a estructuras protegidas especializadas más costosas.

Es necesario hacer notar que Dinamarca puede presentarse con indicadores de suceso económico nacional en cuanto al balance del Estado del 2004. Por esto sería interesante observar cómo observadores diferentes, tal el caso del francés, comienzan a mirar con atención el “caso danés”.

- IV. *Dimensión organizativa*: El Centro Danés está dividido en dos departamentos: uno en Taastrup, que se ocupa de la “movilidad, control de la calidad y prueba de los productos”, y otro en Aarhus, que se ocupa de la “comunicación y educación”. El Centro Danés tiene un director que responde ante un Consejo de Administración formado por nueve miembros que representan al gobierno nacional, regional y local, al *The Danish Council of Organizations of Disables People*, y al *The Danish Rehabilitation Group*. El Centro cuenta con una competencia tecnológica elevada (informática y electrónica) y opera en estrecho contacto con todas las estructuras nacionales e internacionales que se ocupan de ayudas tecnológicas en favor de personas ancianas o minusválidas, siendo a su vez sede de la AAATE (Asociación de Assistive Technology europea).
- v. *Horizonte temporal*: La capacidad innovadora de los proyectos del centro ha sido el resultado de dos factores importantes: las políticas de *welfare* que no cambian de dirección, aunque de un gobierno de centro izquierda ha pasado a un gobierno de centro derecha, y la creatividad en estas direcciones presentes en los países escandinavos y en la AAATE. Esta capacidad de innovar tiene claramente una visión a largo plazo que resiste el viento neoliberal y la paralela idea de “crisis del *welfare*”.
- VI. *Valorización de la diversidad*: Los productos y servicios tecnológicos en favor de las personas, la habitación, los transportes que garantizan la accesibilidad y circulación de ancianos o minusválidos tanto en la ciudad como en las zonas rurales de Dinamarca tienen siempre la

característica de la personalización. Todas las intervenciones tienen de hecho en cuenta las exigencias particulares que pueden presentar personas con minusvalías diversas en núcleos familiares distintos que viven en contextos que presentan *handicaps* variados.

- VIII. *Adaptabilidad*: Las estructuras y auxilios tecnológicos resultantes de proyectos coordinados por el Centro se han adaptado no solo a las más diversas exigencias de personas minusválidas o ancianas, sino también al tipo de puente de excelencia presente en la estructura productiva danesa. Dinamarca es conocida por sus productos de diseño industriales y por la decoración. Ejemplo de esta adaptabilidad es la constitución por parte del Gobierno danés en 1996 del *Danish Centre for Accessibility*, que lanzó una línea de diseño que responde a la forma y funcionalidad de sus productos (el título de la revista del Centro es *Form & Function*), tomando en cuenta a la minusvalía y todas las exigencias que en general se pueden derivar de límites existentes en las actividades de la vida cotidiana, sin olvidar la forma, el estilo danés. El resultado es la producción de objetos funcionales que favorecen a personas minusválidas y que a su vez son “lindos” (desde el diseño de tapas de botella “lindas” que se pueden abrir con facilidad hasta por personas que padecen de artrosis en las manos al diseño del *bus* metropolitano confeccionado de manera tal que una persona minusválida lo pueda tomar sin necesidad de que su forma “linda” esté comprometida).
- VIII. *Participación*: La participación de asociaciones de personas ancianas o minusválidas en el Centro se hace posible gracias a su consejo de administración. Entre los diferentes ejemplos de participación podemos recordar que en el proyecto de *La Casa de Sofía* el Danish Centre incluyó al *Centre for Gerodinamics R&D* ubicado en el Hospital de Copenhague, especializado en pacientes ancianos (*el Kommunehospitalet*). Las propuestas de innovación tecnológica en las diversas instancias de *La Casa de Sofía* fueron realizadas sobre la base de un análisis detallado de una muestra de personas ancianas y minusválidas observadas en la estructura del reparto de geriatría del Hospital de Copenhague.

- IX. *Transferencia*: El éxito del Centro es el resultado de las políticas de *welfare* del gobierno danés (políticas también presentes en otros países escandinavos). La transferencia de estas trayectorias tecnológicas no es fácil en naciones diversas, aunque europeas, que no presentan las mismas políticas de *welfare*. Aún más difícil sería la transferencia de estas trayectorias tecnológicas en contextos donde existe una escasa atención a los problemas de personas minusválidas.
- X. *Límites y desarrollo*: el proyecto posterior a *La Casa de Sofía* coordinado por el Danish Centre denominado *Smart House* se inició en el 2004. La creatividad y la capacidad de innovar dentro de esta trayectoria tecnológica son visibles también por la constitución de estructuras nuevas como el *Danish Centre for Accessibility* mencionado con anterioridad. El éxito de esta trayectoria es un éxito de equipo que se debe principalmente al hecho de que la tradición de *welfare* está radicada en la población danesa y a la política gubernamental de que resiste particularmente en estos temas al pensamiento neoliberal. Los límites principales de esta trayectoria se evidencian en la transferencia de este modelo de *welfare* a toda Europa. El “modelo escandinavo” de *welfare* continuará siendo minoritario en una Europa cada vez más unida “económicamente” pero cada vez menos “socialmente”. Las consecuencias que emanarán de este proceso se notarán también en Dinamarca y en otros países escandinavos.

## Aspectos que nacen como resultado de la puesta en práctica de las trayectorias tecnológicas creativas

En las tres trayectorias tecnológicas creativas presentadas se evidencian problemáticas que serán analizadas de acuerdo a los diez puntos indicados.

La dimensión social en todas estas trayectorias se caracteriza por una presencia fuerte de relaciones de solidaridad y no de exclusión. Los aspectos comunitarios prevalecen en todas las trayectorias: por ejemplo, en los proyectos financiados por el Grameen Bank, donde todas las figuras

sociales (¡hasta los mendigos!) participan en los proyectos o en el caso de proyectos coordinados por el Centro Danés que consideran protagonistas de su quehacer diario a personas minusválidas, o en México donde toda la comunidad está organizada alrededor de la producción de café. Es necesario hacer, no obstante, dos cuestionamientos. El primero es que aunque estos proyectos sean considerados como “buenas prácticas”, esto no significa que en la totalidad de los contextos todas las categorías de personas en “dificultad” sean tomadas en cuenta. Por ejemplo ¿qué le puede ocurrir a una persona minusválida que vive en México o Bangladesh? De acuerdo a los contextos existentes en cada país, región o localidad, se hace evidente una mayor o menor sensibilidad con respecto a algunas categorías de personas en dificultad. Existe además otro problema que se evidencia en los proyectos financiados por el Grameen Bank: en donde, para favorecer procesos de innovación social es necesario elegir los valores y las categorías de personas que serán tomadas en cuenta, y el Grameen Bank eligió explícitamente a las mujeres en contraposición a los valores machistas y patriarcales difusos en aquella área. No es suficiente hablar genéricamente de “solidaridad”; es necesario adoptar decisiones que tomen en cuenta valores y tener además la valentía de beneficiar a un tipo de persona, que es discriminada en su vida diaria.

La dimensión ambiental está presente en todas las experiencias pero se materializa de diferentes maneras: en la primera trayectoria descrita la relación del hombre con la naturaleza que lo rodea no es solamente simbólica, sino que es vista de una forma consciente durante la toma de decisiones con respecto a la innovación que se debe implementar (el uso de lo biológico en lugar de la producción industrial de café). Igualmente podemos referirnos al respeto que demuestran estas trayectorias a los valores intrínsecos de cada población, a la naturaleza, y a la experiencia de las mujeres en los pueblos indios en donde el Grameen Bank financia proyectos. Este respeto se evidencia también en contextos muy diferentes, como en el caso de Dinamarca.

La dimensión económica de estas trayectorias tiene un impacto significativo en toda la comunidad. En la comunidad de Oaxaca, la producción de café representa la fuente principal de ingresos para miles de personas. La decisión de producir café biológico, que implica el aumento del precio,

refleja una estrategia de protección en un largo período a favor de los recursos naturales disponibles; el envenenamiento de éstos (como resultado del uso forzado de pesticidas y fertilizantes) puede traer repercusiones negativas e irreversibles a toda la comunidad. En los pueblos de Bangladesh el impacto económico de los préstamos suministrados por el Grameen Bank ha sido notable. También en el caso de la trayectoria tecnológica danesa se evidencia cómo una acción de *welfare* se convierte en investigación y capacidad empresarial. Las tres trayectorias demuestran que es posible obtener ganancias económicas sin necesidad de abandonar principios de solidaridad social y de crecimiento de convivencia.

El respeto a la diversidad está presente debido al hecho de que hombres, mujeres, ancianos y jóvenes pueden acceder y participar directamente en las diferentes trayectorias tecnológicas presentadas con anterioridad. En las primeras dos trayectorias no fue posible verificar la presencia y la gestión de personas minusválidas dentro de las comunidades estudiadas y por esta razón queda abierta la interrogante que nos hicimos anteriormente.

Los aspectos relacionados con el respeto a la diversidad están estrechamente vinculados con la capacidad de adaptación de las innovaciones comerciales o productivas de la trayectoria a las modificaciones que tienen lugar en el territorio o en la comunidad. En el caso mexicano, la capacidad de adaptación a los cambios demográficos es quizá el desafío mayor que afrontan estas comunidades locales. Si esto conllevará al escape de algunos miembros de la comunidad a través de la emigración, o conllevará a una ulterior innovación local sobre la cadena productiva del café son preguntas que dejamos también abiertas. De la misma manera, son significativas tanto la trayectoria de la India, donde el Grameen Bank eligió favorecer a las mujeres a la hora de financiar proyectos en la comunidad, como la trayectoria danesa que identificó como protagonistas de sus proyectos a mujeres y hombres minusválidos.

La participación representa otro elemento central en el análisis de las trayectorias tecnológicas creativas. La representación en los centros de decisión y la transparencia de las decisiones tomadas está garantizada por el hecho de que éstas son iniciativas que nacen de abajo y con una “ownership” completamente local. No existen grupos externos (organizaciones no gubernamentales extranjeras, o un grupo de técnicos o consultores



mandados por el gobierno). Además, las organizaciones descentralizadas de las intervenciones en el territorio se organizaron de manera tal que previeron y estimularon la creación de otras asociaciones locales.

La transferencia total o parcial de estas experiencias es otro elemento de gran importancia. Podemos afirmar que las tres experiencias, en ciertos aspectos, son únicas en la historia que las caracteriza, pero a su vez existen analogías con otras experiencias que están tomando lugar en otras partes del mundo. El nacimiento del Grameen Bank está relacionado con un personaje carismático como Muhammad Yunus y por esto ha sido difícil su transferencia a otras partes del mundo. La transferencia de la primera trayectoria sería más fácil en otras partes del mundo como resultado del *fair trade*, mientras que sería más difícil, pero no imposible, transferir experiencias de *welfare* como la danesa apoyadas por estructuras como el Centro Danés.

Los límites de todas las trayectorias presentadas en este ensayo varían de acuerdo al caso. En el caso mexicano los límites están más relacionados con las fuertes dependencias al comercio equitativo y solidario en Europa (*fair trade*) y a los Estados Unidos. No obstante, esto representa al mismo momento un factor de potencial desarrollo considerando que el mercado de productos que responde al comercio equitativo está creciendo fuertemente. En la trayectoria del Grameen Bank los límites están dados por la presencia de la figura carismática de Yunus y en la dificultad de transferir la valentía de sus elecciones en otros contextos.

Quedan dos consideraciones por hacer. La primera es el valor simbólico y la “autonomía” contra el proceso de globalización que todas las trayectorias presentadas tienen. Por ejemplo, los productores de café en México escribieron claramente en su estatuto que: [punto 7] ... “Nosotros queremos mantener nuestro orgullo de ser los primeros habitantes de nuestra región, con nuestro lenguaje, con nuestros hábitos. Nosotros estamos conscientes que con las nuevas profesiones y experiencias nuestra cultura está cambiando. Pero no queremos caer en la trampa de perdernos en cosas que no se mejoran, como la cultura de la gente rica y de aquellas que tratan de explotarnos y oprimirnos”. Igualmente fuerte es el deseo de autonomía y orgullo de las mujeres provenientes de las provincias de Bangladesh que rescatan, con los proyectos de habitación o comercialidad del Grameen Bank, siglos de supeditación económica

y política. También en Dinamarca se evidencia un gran “orgullo” en la defensa del “sistema de *welfare*” al punto de considerarlo independiente de los partidos políticos.

De esta “autonomía” depende un segundo aspecto y es la importancia que se evidencia a “nivel local”. “Cada espacio local tiene sus símbolos y mitos, un conocimiento y una técnica implícita, y una forma socioeconómica. Estos aspectos no pueden ser subestimados. El descubrimiento, valorización y reapropiación de los espacios locales son elementos centrales de una estrategia de resistencia frente a los poderes demolidores de la globalización, sea en las zonas urbanas o en las rurales. Pero ¿cómo pasar de este “nivel local” a un “nivel nacional” o a un “nivel mundial”?

## ¿Pueden las trayectorias tecnológicas creativas convertirse en redes largas?

El carácter no sustentable del sistema neoliberal, demostrado como resultado del aumento de las desigualdades sociales a partir de los años setenta, hace necesaria la búsqueda de trayectorias tecnológicas alternativas que prevean el nacimiento de actores diversos (asociaciones, consorcios de empresas, bancos, centros de investigación, políticas públicas) que tengan como prioridad la seguridad y soberanía de las comunidades locales tanto en términos de acceso a los recursos como el respeto a la gestión que tome en cuenta cánones establecidos localmente.

En todos los casos presentados es posible medir la *performance* de la trayectoria tecnológica de un punto de vista de eficiencia en término de *returns from investments*. Pero no sería razonable valorar estas trayectorias creativas sólo tomando en cuenta indicadores de suceso económico. Para las personas que participan en estas trayectorias y sistemas de producción es más importante entender “para quién” o “por qué” es necesario ser eficientes.

Estos estudios ponen en evidencia la necesidad de adoptar criterios “multivariados” con una perspectiva “multidimensional” del equilibrio (Bonaiuti, 2004: 186) entre diferentes factores como el ambiente, la sociedad, la economía, las instituciones y los símbolos que rodean a

las relaciones. La “multidimensionalidad” del equilibrio crea a su vez un fuerte movimiento hacia el descubrimiento de los “sistemas locales de producción” donde es más fácil establecer una relación directa entre los consumidores y los productores. El grillete de las transnacionales desaparece en cuanto no puede competir con factores como “localidad” y el “contacto humano”, de los cuales de hecho se alejan voluntariamente.

Por esto es necesario preguntarse: ¿pueden las trayectorias tecnológicas creativas convertirse en “redes largas”? ¿Puede la experiencia de las comunidades indígenas productoras de café en Oaxaca convertirse en un punto de referencia generalizable? ¿Puede el Grameen Bank difundirse a favor de todos los pobres de este mundo? ¿Puede el modelo de *welfare* radicado en las mesorregiones de los países escandinavos extenderse a toda Europa y de Europa expandirse por todo el mundo?

La respuesta no es absoluta y de las tres trayectorias consideradas sólo dos se han convertido en “redes largas”: el caso de Oaxaca, que entró en la red del comercio equitativo actualmente organizada a nivel mundial, y el caso del Grameen Bank, que está presente en 44 naciones, aunque los resultados no se pueden comparar con los logrados en Bangladesh.

Por esto podemos afirmar que es posible en el curso de la historia contemporánea del mundo la existencia de una constelación de trayectorias tecnológicas creativas que van adelante teniendo presente valores alternativos al pensamiento.

La creación de una nueva narración a los antípodas de la globalización, que no sea dominada por el mito del desarrollo y del crecimiento, será posible, sólo si descolonizamos lo imaginario. Analizar estas trayectorias implica un lento pero gradual proceso de descolonización siendo estos los lugares donde podemos encontrar “el inicio del post-desarrollo” (Latouche, 2001: 6-7). Además, el estudio y análisis de sus evoluciones en un contexto de relaciones mercantiles e internacionales nos permite entender que otro mundo no solo es posible, sino que ya existe.

## Referencias

- AMOROSO, B. (1998) *On Globalization. Capitalism in the XXI Century*, Macmillan, Londres.
- AMIN, S. (2000) "The Political Economy of the Twentieth Century" en *Monthly Review*, Vol. 52, N° 2, junio.
- BARACCA, A. (2005) *A volte ritornano: il nucleare*, Jaca Book, Milán.
- BARCELLONA, P. (1990) *Il ritorno del legame sociale*, Bollati Boringhieri, Turín.
- BONAIUTI, M. (2004) "Relazioni e forme di una economia altra. Bioeconomia, decrescita conviviale, economia solidale" en A. Salsano y A. Caillé, *Quale altra mondializzazione?*, MAUSS, N° 2, Bollati Boringhieri, Turín.
- CAPECCHI, V. (2004) "Innovazione tecnologica a favore di persone anziane e disabili" en *Economia italiana*, 1, pp.53-82; "New technology for elderly and disabled persons" en *Review of economic conditions in Italy*, 1, pp.51-78.
- (2005) *La responsabilità sociale dell'impresa*, Carocci, Roma.
- COMMISSION DE COMMUNAUTÉ EUROPÉENNES (2003) *Egalité de chances pour les personnes handicapées. Un plan d'action européen*, CE, Bruselas.
- FEENBERG, A. (1991) *Critical Theory of Technology*, Oxford University Press, Nueva York.
- DOSSI, Giovanni (1982) "Technological Paradigms and Technological Trajectories" en *Research Policy*.
- (1995) *Alternative Modernity: the Technical Turn in Philosophy and Social Theory*, University of California Press, Los Angeles.
- (1999) *Questioning Technology*, tr. it. *Tecnologia in discussione*, Etas Milano, 2002.
- FRIEDMAN, M. y FRIEDMAN, R. (1962) *Capitalism and Freedom*, University of Chicago Press, Chicago.
- GRAS, A. (1993) *Grandeur et dépendence*, tr. it. *Nella rete tecnologica. La società dei macrosistemi*, UTET, Turín, 1997.
- GALLINA, A. (2006) "From Globalization to World Welfare: Established and Emerging Global Actors" en Bent Greve (ed.) *The Future of the Welfare State. European and Global Perspectives*, Ashgate, Aldershot.
- GÉNÉREUX, J. J. (2004) "Dall'altra mondializzazione all'altra politica" en A. Salsano y A. Caillé, *Quale altra mondializzazione?*, Revue MAUSS, N° 2, Bollati Boringhieri, Turín.

- HJÆLPEMIDDEL INSTITUTTET (2005 a), *The Danish Centre for Assistive Technology*, Copenhagen.
- HJÆLPEMIDDEL INSTITUTTET (2005 b) *Provision of Assistive Technology in Denmark*, Copenhagen.
- ILlich, I. (1973) *La Convivialità*, Mondadori, Milán.
- LATOUCHE, S. (1995) “La megamacchina e la distruzione del legame sociale”, en AAVV, *La strategia democratica nella società che cambia*, Data News, Roma.
- (2001) *L’Altra Africa tra dono e mercato*, Bollati Boringhieri, Turín.
- (2003 a) *La décroissance. La pensée créative contre l’économie de l’absurde*, Parangon, París.
- (2003 b) *Décolonizer l’imaginaire*, Parangon, París.
- LEASON, G. W. (1998 a) *Housing and Services for the elderly in Denmark*, EGV-Fonden, Copenhagen.
- (1988b) *Factors supporting the development, organization and Implementation of measures for the preparation of retirement*, EGV-Fonden, Copenhagen.
- (1989 a) *Can we afford the elderly?*, EGV-Fonden, Copenhagen.
- (1989 b) *A picture of the elderly*, EGV-Fonden, Copenhagen.
- PETRELLA, R. (2004) *Desir d’humanité*, tr. it. *Il diritto di sognare*, Sperling & Kupfer Editori, Milán.
- POLANYI, K. (1977) *The Livelihood of Man*, tr. it. *La sussistenza dell’uomo*, Einaudi, Turín, 1983.
- SCHWARTZ, P. y LEIDEN, P. (1997) “The Long Boom”, *Wired*, julio, pp. 116-129.
- LEIDEN, P. y HYATT, J.P. (2000) *The Long Boom*, Basic Books, Nueva York.
- SCIENZIATE E SCIENZIATI CONTRO LA GUERRA (a cura di) (2005) *Il male invisibile sempre più visibile. La presenza militare come tumore sociale che genera tumori reali*, Odradek, Roma.
- SKLAIR, L. (2003) *Globalization: Capitalism and its Alternatives*, Oxford University Press, Oxford.
- YUNUS, M. (2004) *Il banchiere dei poveri*, (nuova edizione ampliata), Feltrinelli, Milán.
- WARIDEL, L. (2001) *Un café por la causa. Hacia un comercio justo*, Acción Cultural Madre Tierra, México D.F.

# Innovación, información y conocimientos: la importancia de distinguir el modo de la moda<sup>1</sup>

HELENA MARÍA M. LASTRES  
JOSÉ EDUARDO CASSIOLATO

## Introducción

Épocas de rupturas y transformaciones abarcadoras –como la que marcó el paso del milenio– requieren estrategias y políticas públicas y privadas ajustadas a las nuevas realidades y capaces de orientar la dirección e intensidad de los cambios. Sin embargo, tales épocas se caracterizan por el aumento de indefiniciones e incertidumbres, así como por una mayor dificultad para comprender la esencia y las características del nuevo patrón de acumulación que se difunde. Conforme apuntamos en otro trabajo (Lastres, Cassiolato y Arroio, 2005), la extensión, la velocidad y la intensidad de los actuales cambios han provocado, por un lado, un entusiasmo, muchas veces acrítico, en relación con las múltiples posibilidades ofrecidas y aparentemente accesibles para todos; por otro lado, han generado considerable perplejidad y cuestionamiento sobre cómo esta transición efectivamente impacta los procesos sociales, económicos y políticos y sobre las mejores formas de tratar con la misma.

1. Versión revisada de artículo publicado en portugués en *DataGramaZero, Revista de Ciência da Informação*, Vol. 7, N° 1, febrero de 2006.

Posiblemente el paso del milenio quedará marcado, tanto por las referidas transformaciones, como por la proliferación de interpretaciones sobre su naturaleza e impactos. Se advierte, inclusive, que los intentos por comprender los cambios y el nuevo modo de acumulación se dificultan por interpretaciones muchas veces parciales y superficiales de aquello que todavía es difícil de percibir y definir y que se convierten en moda. Esto es, lo que en ocasiones es considerado como una característica de la nueva fase (modo) puede ser en realidad apenas una interpretación parcial y tendenciosa (moda) de lo que todavía es difícilmente precisado. Se hace, por tanto, especialmente necesario distinguir el modo de la moda, conforme enfatizaba Milton Santos y avanzar en la comprensión de la particularidad de esta transición y de sus impactos potenciales. Esto al mismo tiempo también implica la necesidad de desarrollar nuevos medios de captar, mensurar y evaluar su naturaleza y características.<sup>2</sup>

Este artículo se basa en el argumento de que el aprovechamiento de las oportunidades y el enfrentamiento de los desafíos inherentes al nuevo patrón de acumulación depende de la condición de diseñar e implementar políticas adecuadas. De ahí el énfasis en la importancia de entender los verdaderos procesos de la referida transformación más allá de las apariencias y de la retórica. Es objetivo también examinar el conjunto de oportunidades y desafíos asociados a la emergencia y difusión de una supuesta *era, sociedad o economía de la información y del conocimiento*, privilegiando la óptica de los países y regiones menos desarrollados.

El próximo apartado discute las especificidades del actual proceso de acumulación y los elementos que contribuirán a modificar los patrones económicos, espaciales, sociales y políticos establecidos anteriormente. El segundo apartado termina destacando la necesidad de desarrollar enfoques analíticos y propositivos adecuados a las nuevas configuraciones. Ya la tercera parte explora las dificultades involucradas en la medición de los recursos y procesos intangibles —como conocimiento y aprendizaje— y de trabajar con nuevos referenciales conceptuales, metodológicos y analíticos. En la última parte, el artículo retoma la presentación y discusión del enfoque conceptual y metodológico desarrollado por la *Rede de*

2. Para detalles véase Lastres y Cassiolato, 2005.

*Pesquisa en Sistemas Productivos y Innovativos Locales-RedeSist.*<sup>3</sup> Son discutidas también las principales ventajas del concepto de arreglos y sistemas productivos e innovativos locales, tanto como unidad analítica, como foco de las nuevas políticas de desarrollo industrial y tecnológico.

## El nuevo proceso de acumulación

### Patrón crecientemente intensivo en conocimiento, desmaterializado y financiarizado

En el nuevo modo de acumulación usualmente se destaca la creciente intensidad y complejidad de los conocimientos desarrollados y su acelerada incorporación a los bienes y servicios producidos y comercializados. Las tecnologías de la información y comunicación (TICS) ejercen un papel central como factores de dinamismo del nuevo patrón, apoyando un conjunto de innovaciones técnico-científicas, organizacionales, sociales e institucionales y generando nuevas posibilidades de retorno económico y social en las más variadas actividades. Los cambios no se restringen, por tanto, a los sectores de punta, teniendo un carácter bastante amplio. Por eso las TICS son usualmente consideradas como las principales irradiadoras de progreso técnico en este patrón de acumulación.

Acompañando la difusión del nuevo patrón, se desarrollan nuevas prácticas de producción, comercialización y consumo de variados bienes y servicios, de cooperación y competencia entre los actores, de circulación y de valorización del capital, así como de nuevos formatos y estrategias institucionales crecientemente intensivos en información y conocimiento.

3. Para informaciones detalladas sobre la red, referencial conceptual y metodológico, notas técnicas y estudios empíricos véase el “Sistema de Informações em Arranjos Produtivos Locais” –en: <[www.sinal.redesist.ie.ufrj.br](http://www.sinal.redesist.ie.ufrj.br)>. Hasta 2005, fueron realizados más de setenta estudios empíricos sobre arreglos productivos locales en diferentes regiones de Brasil, desarrollándose una metodología específica para el análisis de casos en diversas áreas, incluyendo, aeroespacial, telecomunicaciones, textil, confecciones, calzados, agroindustria, música y otras industrias creativas. Todos se encuentran disponibles en la página de la RedeSist.



Tales prácticas se apoyan en nuevos conocimientos, competencias, tecnologías y equipos, así como en nuevos modos de innovar y organizar el proceso productivo. Todo esto apoyado por cambios significativos, tanto en las organizaciones productoras de bienes y servicios, como en aquellas encargadas de actividades de enseñanza, investigación y desarrollo, política, financiamiento, etcétera.<sup>4</sup>

La tendencia a minimizar tanto el consumo de insumos materiales y energéticos no renovables, como el descarte de la producción y consumo y sus efectos negativos sobre el medio ambiente, constituye una característica marcante del nuevo patrón. Un ejemplo es la tendencia a la desmaterialización, esto es, a la disminución de la importancia de la parte material usada en la producción de bienes y servicios. Como en el caso de los *softwares* que pueden ser desarrollados, producidos, adquiridos, distribuidos, consumidos y descartados sin necesariamente significar la creación de nuevas formas materiales. En ese sentido, la difusión del nuevo patrón es vista como ofreciendo nuevos frentes para viabilizar el crecimiento, así como la propia continuidad de la producción, consumo y descarte en masa de bienes y servicios, crecientemente intangibles.

Se apunta que la referida tendencia a la desmaterialización puede contribuir a impedir una aceleración de la crisis de la economía de masa. Sin embargo, la reducción de las presiones sobre el medio ambiente continuará exigiendo un posicionamiento propio y abarcador. De mayor importancia es también recordar que, mientras los patrones de acumulación anteriores dependían más directamente de recursos no renovables y aleatoriamente dispersos en el planeta, en la actualidad se avanza en el sentido de una mayor flexibilización de esos recursos. Ese proceso es acompañado por el aumento de las presiones para la privatización, control y mercantilización de conocimientos e informaciones, los cuales se concentran en los países más avanzados del mundo. Hay, por tanto, significativas consecuencias geopolíticas de las referidas transformaciones, las cuales no pueden ser ignoradas. Particularmente en el caso de un país con el grado de desarrollo y potencial de recursos naturales como Brasil.

4. Para mayores detalles véase Lastres y Albagli, 1999.

Adicionalmente, se destaca que el avance de la “desmaterialización” de la economía ocurre paralelamente a la aceleración del proceso de generación y codificación de conocimientos y a la profundización de la importancia de su parcela tácita. La transferencia de los conocimientos tácitos es extremadamente difícil ya que su naturaleza está asociada a los procesos de aprendizaje, dependientes de contextos y modos de interacción sociales específicos. Se muestra, por tanto, más crucial que nunca diferenciar el acceso a la información del acceso al conocimiento, enfatizándose que la difusión de las TICS implica mayores posibilidades de codificación y transmisión de los conocimientos codificados, pero de forma alguna anula la importancia de los conocimientos tácitos, que permanecen difíciles de transferir y sin los cuales no se tienen las llaves para la descodificación de los primeros.

Se resalta que:

1. Esas transformaciones, así como el comienzo y difusión del nuevo paradigma tecno-económico, no son fenómenos automáticos e incontrolables. Inclusive la creación y el aprovechamiento de soluciones técnicas dependen siempre de la confluencia de intereses y reflejan decisiones políticas públicas y privadas, las cuales orientan el ritmo y la dirección de los cambios;
2. La disminución generalizada de los sistemas de regulación contribuye a la consolidación de un régimen todavía más fuertemente orientado por la lógica financiera. Se percibe inclusive que es el sector financiero en el mundo entero aquel que más amplio e intenso uso viene haciendo de las TICS, ya que sus principales transacciones encierran transferencias no materiales.

El dominio del capital financiero, de la preferencia por liquidez y del foco en el lucro financiero de corto plazo, efectivamente contribuyen a inviabilizar inversiones de alto riesgo, costo y madurez, como aquellos en conocimientos. Basta recordar las especificidades de las inversiones en ciencia, tecnología e innovación (CT&I) y en formación y capacitación de recursos humanos. Así es que importantes cuestionamientos se han hecho sobre la validez de designar el nuevo patrón de acumulación de era

del conocimiento.<sup>5</sup> Paralelamente, se manifiesta la tendencia a la conformación de cuadros macroeconómicos que desafían, o si no por lo menos anulan, la posibilidad de implementar políticas en estas y otras áreas. Se destaca que la inestabilidad y vulnerabilidad macroeconómicas –resultantes de déficit externos elevados y altas tasas de intereses– contribuyen a minar las inversiones en capital real e intelectual de largo plazo.

## Redes, conocimiento y nuevas formas de poder

Las nuevas tecnologías y sistemas de información introducen también nuevas lógicas de evolución territorial, inclusive aumentando la importancia del espacio informacional. Se observa la expansión de redes que operan en todos los campos de actividades y en tiempo real y la conformación de comunidades virtuales. Los formatos organizacionales que privilegian la interacción y la actuación conjunta de los más variados actores –tales como redes, arreglos y sistemas productivos e innovativos– se vienen consolidando como los más adecuados para promover la generación, adquisición y difusión de conocimientos e innovaciones. La proliferación de redes de todos los tipos es considerada como la más marcante innovación organizacional asociada a la difusión del nuevo patrón. Esos nuevos formatos asumen importancia por favorecer los procesos de aprendizaje colectivo, cooperación y la dinámica innovativa. Por un lado, resalta la tendencia a la mayor integración de las diferentes funciones y unidades de una misma organización. De otro, se observan nuevos patrones de cooperación y competencia entre los diversos actores políticos, sociales y económicos. La interconexión de empresas productoras, suministradoras, comercializadoras y de prestación de servicios y la relación de éstas con otras instituciones, requieren también equipos y metodologías operacionales innovadoras y, en ese sentido, son cada vez más dependientes tanto de las TICs, como de información y conocimiento.

5. La alusión es que tales tendencias apuntarían más adecuadamente a la conformación de una era de la ignorancia. Para detalles véase Lastres, Cassiolato y Arroio, 2005.

Tales formatos han elevado el potencial de, al mismo tiempo, movilizar y proteger las capacitaciones y, principalmente, los conocimientos tácitos acumulados. Así, la proliferación de redes –de enseñanza-investigación, desarrollo, producción y comercialización– debe también ser vista como respuesta a la necesidad de proteger el conocimiento tácito generado y que circula dentro de las mismas, transformándolas en parte del espacio y en el espacio de algunos (Santos, 2001). Eso es lo que justifica el hecho de que los nuevos emprendimientos productivos se hayan reproducido en bloque en las diferentes localidades del mundo, trasplantando sus redes de suministradores de insumos y servicios estratégicos, así como de logística y de comercialización.

Es de destacar, sin embargo, que la apropiación de conocimientos posee especificidades que no pueden ser ignoradas. Sin necesidad de entrar en la discusión sobre apropiación de bienes colectivos, resaltamos que conocimiento e información son recursos intangibles que pueden ser usados simultáneamente por varias personas y sin problemas de agotamiento. A diferencia de lo que ocurre con los bienes materiales, el consumo de información y conocimiento no los destruye, y su descarte generalmente no deja vestigios materiales. Cederlos o venderlos no significa que sean perdidos. En esta área prevalece, por tanto, una abundancia natural. A pesar de eso, y por ejemplo, como lo han apuntado David y Foray (2002), aumentan las presiones para la creación de escasez artificial de conocimientos. En esta discusión llamamos la atención sobre la importancia de evaluar las consecuencias en términos tanto de exacerbar todavía más las exclusiones de países y grupos sociales, como la consolidación de nuevas formas de división internacional del trabajo y de jerarquía (Lastres, Cassiolato y Arroio, 2005).

## Globalización, nuevas divisiones, jerarquías y el papel del Estado

El desarrollo y la difusión de las tecnologías de la información propiciaron los medios técnicos para que se articulen en tiempo real organizaciones, individuos e instancias geográficamente distantes. Sin embargo, en vez de caminar rumbo al pregonado mundo sin fronteras, global y homo-

géneo, con la aceleración de la globalización, en realidad se advierte la profundización de las diferencias entre los países y regiones del planeta, en detrimento de aquellos que se sitúan en la periferia del sistema de poder global. Al mismo tiempo que se observa una aceleración en algunas dimensiones del proceso de globalización, se nota una revalorización de la dimensión espacial y, particularmente del espacio local, a medida que se acentúa la importancia de la diferenciación entre los lugares. De modo general –y contrario a la visión sobre una pretensa internacionalización de los esfuerzos y resultados del desarrollo científico y tecnológico– se observa una concentración nítidamente nacional de tales actividades, con articulaciones que están siendo efectuadas casi que exclusivamente entre los países y empresas tecnológicamente más avanzados. Por un lado, el análisis de las evidencias disponibles indica, como mínimo, una tendencia de refuerzo a la triadización –y jamás de la globalización– de informaciones y conocimientos. Por otro lado, resalta la concentración de la producción y la restricción de acceso a los mismos.<sup>6</sup> Se concluye por tanto, que las desigualdades en las condiciones de provisión, acceso y uso de las nuevas tecnologías, sistemas y contenidos pueden estar generando nuevas y más complejas desigualdades entre individuos, grupos, organizaciones, países y bloques ricos y pobres en términos de TICs e información.

Sin embargo, en la práctica se estimula que, cuando se trata del llamado digital, generalmente apenas se preocupa en monitorear el potencial del mercado consumidor mundial, prevaleciendo el punto de vista y el interés de los países y organizaciones que producen tales tecnologías y productos. La forma correcta de tratar la división digital debe incluir todas las actividades, desde la investigación y el desarrollo, hasta la producción y uso de esas nuevas tecnologías, equipos, sistemas, bienes y servicios digitales. Los esfuerzos para la disminución de esta división deben, por tanto, buscar enfrentar la significativa concentración de las

6. Paralelamente a ese movimiento, ha sido apuntada la tendencia a la concentración de los centros de planificación y decisión en los países centrales –y particularmente en Estados Unidos– que contribuye a ampliar la polarización entre bloques, países, regiones y grupos sociales (Tavares e Fiori, 1997).

actividades de desarrollo, producción y comercialización en un número muy reducido de organizaciones y países del mundo.

En América Latina la reflexión sobre tal división apunta a que un desafío todavía más serio que la división digital, es la división del aprendizaje y del desarrollo. En este sentido, se destaca que más grave que no poseer acceso a las nuevas tecnologías y a las informaciones es no disponer de conocimientos suficientes para hacer uso de las mismas. Esto significaría aumentar a las actuales desigualdades identificadas entre países industrializados y no industrializados otra, separando países ricos y pobres en términos de TICS e información –*digital divide*– y todavía más grave en términos de capacidad de aprendizaje –*learning divide*– y de la posibilidad de colocar en práctica los conocimientos aprendidos –*development divide* (Arocena y Sutz, 2003). Lejos, por tanto, de significar un mundo integrado, donde el conocimiento fluye libremente, en el nuevo orden mundial éste asume un papel todavía más importante en cuanto instrumento de poder.<sup>7</sup>

Se refuerza, de esta forma, la importancia de entender el advenimiento y difusión del nuevo patrón de acumulación y la correspondiente aceleración del movimiento de globalización y financiarización de la economía. No como fenómenos neutros, automáticos e incontrolables, sino como fenómenos originarios de los cambios político-institucionales de los países más desarrollados del mundo. Estos cambios inducirán al progresivo movimiento de liberalización y desregulación de los mercados mundiales y, sobre todo, a la desregulación de los sistemas financieros y de los mercados de capitales. Todo esto supuestamente asociado a las crecientes exigencias de mayor competitividad tanto en el nivel nacional, como internacional por parte de países y empresas.

Observando las tendencias de las nuevas políticas implementadas por los países más avanzados, se estimula que las mismas han sido particularmente importantes en el desarrollo de las nuevas tecnologías. A pesar de que el espacio y las condiciones, se diferencian de aquellas del pasado, los gobiernos de los países desarrollados vienen manteniendo su capacidad de intervenir proactivamente. Se evidencia la implemen-

7. Para mayores detalles véase Lastres, 2004.

tación de una amplia gama de instrumentos crecientemente complejos, teniendo en cuenta las oportunidades y desafíos ofrecidos por el nuevo ambiente. Algunas de esas nuevas formas de intervención se muestran todavía invisibles, o mejor dicho, difíciles de captar debido a su novedad y algunas veces hasta su sutileza. Ejemplos incluyen las llamadas barreras no arancelarias generalmente basadas en justificativas y parámetros socio-ambientales, que funcionan como verdaderas y fuertes medidas proteccionistas, todavía de difícil contraposición.

## Nuevos requisitos de políticas

Estrategias y alternativas de desarrollo vienen siendo formuladas, a nivel mundial, nacional y local, teniendo en vista el objetivo de enfrentar los desafíos colocados por la emergencia del nuevo patrón de acumulación. En el conjunto de las nuevas políticas, en primer lugar, se encuentra el objetivo de asegurar que los “cuadros macroeconómicos malignos” (Coutinho, 2005) no las inviabilicen.

Buscando dinamizar los procesos de generación, adquisición y difusión de conocimientos y de capacitación, se destaca el papel de la promoción de las tecnologías difusoras de progreso técnico. Su importancia sistémica y centralidad en el nuevo patrón incluirán la capacitación en la producción y desarrollo de las TICs como un elemento estratégico de las políticas de diferentes países. De ahí la relevancia de estimular la creación de nuevas capacitaciones y conocimientos, y particularmente la capacidad de aprender, seleccionar y hacer uso de los mismos, objetivando acompañar los cambios en curso. Esto ha significado mayormente la intensificación de la capacidad de interactuar y de adquirir conocimientos. Esto es tanto en el caso de los países más desarrollados, como en el caso de aquéllos en desarrollo.

Recordando que todos los Estados desean aproximarse al máximo posible a los sectores más innovativos y dinámicos –donde se encuentran las más importantes posibilidades de agregar valor a los bienes y servicios producidos– Evans, 1995, enfatiza que también aquellos países menos desarrollados:

*“are not just hoping to generate domestic sectors with higher profit rates. They are also hoping to generate the occupational and social structures associated with high-tech industries. They are hoping to generate la multidimensional conspiracy in favor of debelopment”* (p. 10).

Así, diferentes países y bloques se dedican a trazar estrategias y a promover iniciativas orientadas a aprovechar los beneficios que ofrecen las TICS. Esto es teniendo en cuenta, no sólo su uso y su difusión en diferentes actividades, sino también las importantes oportunidades de aprendizaje ofrecidas a aquellas organizaciones y países que participan en la producción y desarrollo de estas tecnologías. Se estimula la importancia de los esfuerzos de investigación, desarrollo e innovación (PD&I) y del estímulo a la creación de competencias en las diferentes etapas desde la concepción, desarrollo y producción hasta la comercialización de equipos y sistemas. Se destaca que no participar en la producción y desarrollo de los mismos, significa perder la oportunidad de aprender y de colocar en práctica los conocimientos adquiridos. En otras palabras, “reinventar la rueda” puede ofrecer ventajas de asimilación, consolidación y ampliación de conocimiento de la mayor importancia. En esta línea es que también se debe atender para evitar la nueva forma de división del desarrollo (*development divide*) referida anteriormente.

Como una de las más marcadas características operacionales de las nuevas políticas de desarrollo industrial y tecnológico, se nota la tendencia de focalizar bloques agregados y conjuntos de actores, que nucleen los flujos de conocimientos buscando potenciar y diseminar más ampliamente sus resultados. Paralelamente se observa el desarrollo de instrumentos que abarcan estos actores colectivos, en complementación al tradicional énfasis de los actores individuales.

En resumen se argumenta que, en vez de perder sentido, en realidad, las políticas pasan a tener nuevo alcance, diseño, objetivos, instrumentos y formas de implementación. De hecho las oportunidades presentadas han sido más bien aprovechadas exactamente por las sociedades que tienen mayor cohesión y son capaces de definir e implementar estrategias y medidas eficientes para sacar provecho de ellas. Reconocemos las



dificultades en definir e implementar nuevas políticas, principalmente aquellas orientadas a la ampliación de la capacidad de generar y usar conocimientos.

Por un lado, la aceleración de la globalización, y particularmente de la dimensión financiera, ciertamente significó un menor grado de libertad de los gobiernos nacionales, y particularmente de aquellos menos desarrollados. El reconocimiento de la importancia de tales aspectos crece en el mundo entero. En el caso específico de los países latinoamericanos, se registra su identificación y análisis desde los años 1970 (Herrera, 1971). Diferentes autores, siguiendo la línea inaugurada por Amílcar Herrera, han mostrado como el cuadro macroeconómico de los países menos desarrollados, de hecho representan importantes políticas implícitas y regímenes malignos que contribuyen a anular una serie de estrategias y políticas públicas y privadas de desarrollo (Herrera, 1971, Sagasti, 1978, Cassiolato, 1992, Coutinho, 2005). La gravedad de esta situación llevó al presidente brasileño a señalar en la apertura de la 59a Reunión General de las Naciones Unidas, realizada en 21 de septiembre de 2004 que: “los antiguos súbditos se convirtieron en deudores perpetuos del sistema económico internacional. Poderoso y omnipresente, un mecanismo invisible gobierna el nuevo sistema”.<sup>8</sup>

Por otro lado, se constatan crecientes dificultades en implementar políticas en un patrón de acumulación que explicita el conocimiento como recurso más estratégico y el aprendizaje como proceso más importante. Ambas restricciones son todavía más graves en el caso de los países menos desarrollados. Sin embargo, más que nunca, se impone la necesidad de diseñar e implementar nuevas estrategias y políticas que respondan a los actuales desafíos.

Se refuerza, por tanto, la relevancia de comprender las especificidades y evaluar el alcance de las nuevas políticas que vienen siendo implementadas. Una de las dificultades principales para ello se deriva de la ausencia o inadecuación de los enfoques teóricos y sistemas tradicionales de medición, los cuales son basados en la existencia física y en la escasez de los recursos. La gran mayoría de las escuelas de pensamiento todavía

8. Véase Fiori, 2004.

tienen poco que ofrecer en términos del entendimiento de la forma particular de economía de este inicio de milenio, así como de la transformación de sus bases de conocimiento.<sup>9</sup> Es todavía dominante el uso de un modelo concebido para responder a productos y actividades del antiguo patrón y de las demás características de la era industrial. Gran parte de las actividades más rentables y dinámicas asociadas al nuevo patrón continúa invisible dada la falta de lentes capaces de captarlas y, así, de sistemas de indicadores que permitan su dimensionamiento y monitoreo. Se amplía particularmente la preocupación con el aumento del uso del espacio virtual como locus de actividades económicas (además de otras) y con la medición de la comercialización de bienes y servicios intangibles y digitales, imponiéndose la necesidad de disponer de un instrumental teórico-conceptual que responda de las especificidades del nuevo patrón, en el sentido de entenderlas mejor (Lastres y Ferraz, 1999).

## Los desafíos de trabajar con nuevos referenciales

En este epígrafe retomamos la discusión de los principales hechos que han contribuido a dificultar las iniciativas de captar y analizar el proceso de generación y difusión de conocimientos.<sup>10</sup> Un importante hecho que lo complica es que las tentativas de trazar un mapa y medir las fuentes y los flujos de conocimientos son todavía muy recientes en todo el mundo.<sup>11</sup> La distinción entre conocimiento tácito y codificado se muestra particularmente esencial bajo el punto de vista de las posibilidades de medición. Conocimientos codificados son más fáciles de medir que los conocimientos tácitos, prácticos y *know-how*. Así, las iniciativas todavía pioneras

9. Esto es particularmente claro en la área de economía, dada la dificultad que la corriente principal –la teoría neoclásica– siempre tuvo al tratar de tecnologías (y sus posibilidades de “transferencia”) y particularmente por tomar el conocimiento como sinónimo de información.

10. Para detalles véanse además de Lastres y Ferraz, 1999, Lastres, Legey y Albagli, 2002 y Cassiolato y Lastres, 2003.

11. Véanse, por ejemplo, los intentos de medir tales flujos en la Argentina (Moori-Koening y Yoguel, 1999; Yoguel *et al.*, 2003), en México (Casas, 2003) y en Dinamarca (Lundvall, 2002).

ofrecen indicadores heterogéneos y de difícil comparación, conteniendo desde gastos en investigación científica hasta la forma e intensidad de contactos y redes especializadas, en un intento por representar la difusión de conocimientos tácitos.

Se destaca también que la base de conocimientos es compleja y heterogénea, así como sus fuentes, medios de adquisición, uso y diseminación. La importancia de cada uno varía de un área a otra. Existen fuentes diversas, formas variables, sistemáticas y no lineales a partir y por medio de las cuales el conocimiento se desarrolla, es adquirido, usado y diseminado. Esas diferentes fuentes y formas son complementarias y, muchas veces, simultáneas. Por lo tanto, en los intentos de medir y evaluar los procesos de aprendizaje y de creación de capacitaciones, tanto productivas como innovativas, un primer desafío fundamental se refiere a la importancia de tratar las empresas y demás organizaciones de forma agregada y focalizar las interacciones entre las mismas.

Reconociendo que el conocimiento no es neutro ni autónomo, es fundamental considerar el contexto en que él es generado, adquirido y se difunde, así como el que lo detenta, utiliza y disemina, incluyendo desde individuos hasta las instituciones. Justamente porque la evaluación de las especificidades –personales, organizacionales, institucionales y otras características del propio ambiente– es considerada importante en los análisis de los procesos de aprendizaje, capacitación y innovación. Algunas visiones presentan taxonomías y análisis pautados en la consideración de un pretendido proceso de globalización caracterizado por una economía de flujos, completamente global y desterritorializada. En respuesta apuntamos las restricciones de las mismas y la imposibilidad de que sean propuestos modelos que puedan atender a la diversidad de situaciones en países y sociedades distintas. La importancia de la especificidad local en la evolución de los conocimientos, procesos de aprendizaje y capacitaciones recomienda extrema prudencia en el uso de tipologías desarrolladas en otros contextos. Nuevamente se señala que, difícilmente, alguna experiencia será posible de simple transposición a otro territorio, debido a las especificidades del contexto histórico-cultural de cada región en cuestión.

Varios desajustes han resultado de la confrontación entre la emergencia de una nueva realidad y el intento de comprenderla utilizando antiguos instrumentos conceptuales y analíticos. Conforme lo apuntado anteriormente, en los conceptos e indicadores económicos más tradicionales, el foco se centra en las inversiones en activos fijos y en la producción de bienes materiales, habiéndose desarrollado instrumentos relativamente sofisticados para medirlos. En la propia historia del pensamiento económico, es notable la dificultad de tratar las actividades y recursos intangibles que caracterizan el sector de servicios. Este sector –que, por mucho tiempo, fue considerado improductivo, particularmente debido a la inmaterialidad de sus productos y, por tanto, de difícil medición a través de indicadores y métodos tradicionales– es actualmente responsable por más de la mitad del producto interno bruto tanto de los países más desarrollados, como de los menos desarrollados.

Como vimos, en el actual patrón de acumulación, asumen un papel todavía más central y estratégico los recursos intangibles, tales como conocimiento, innovación, cooperación, habilidades y competencias. Además, información y conocimiento se constituyen en recursos –además de intangibles– no agotables y no deteriorables. A diferencia de los productos industrializados tradicionales, varios de los nuevos bienes y servicios pueden ser reproducidos a costos casi que irrelevantes. Todo eso contribuye a exponer todavía más y poner en jaque los conceptos y razonamientos económicos usuales, además de aumentar la presión en el desarrollo de nuevos indicadores, y principalmente nuevos enfoques teórico-conceptuales, metodológicos y analíticos que atiendan a tales especificidades.

Se cuestionan principalmente las formas tradicionales de medir y evaluar actividades económicas agrupándolas en *sectores*. En primer lugar porque este corte analítico generalmente ignora especificidades locales. En segundo lugar, debido a la gran heterogeneidad de los casos incluidos dentro de una misma categoría. En tercer lugar, dada la tendencia tanto a la incorporación de conocimientos avanzados y crecientemente multidisciplinarios, como a la convergencia de las funciones y aparatos tecnológicos de varios segmentos hasta entonces desvinculados entre sí. Tales tendencias son particularmente importantes en situaciones de

transformaciones técnico-económicas radicales y abarcadoras —como en los cambios de paradigma.

Hay casos ilustrativos en los llamados sectores primarios, como el agrícola, el extractivo y el pesquero, y también en aquellos más avanzados. Marques (1999) por ejemplo utiliza la producción de tomates para mostrar cómo las nuevas tecnologías afectan todas las etapas de la cadena productiva, sugiriendo que la producción de este bien depende y se articula profundamente con la producción de diversos sectores, convirtiendo en poco relevante su clasificación como un producto agrícola: “ahora, antes de plantar tomates son necesarios muchos planes, diseños, tablas y guías para producir las semillas genéticamente tratadas, los fertilizantes, el plantío geométrico, la recolectora, el sistema de selección electrónica, los recipientes y sus medios de transporte, etcétera... —¡el tomate es un producto *high-tech*!” (pp. 199-200).

En el caso de la pesca, se observa el uso de: diseños (*design*) y materiales avanzados en los barcos y equipos de pesca; sistemas de comunicación y rastreo por satélite, sistemas de sonares, sensores e identificación óptica para monitoreo de cardúmenes y selección de peces; sistemas *on-line* para pesaje, evaluación y acompañamiento de las actividades. Esto es también así en el caso de las instalaciones destinadas a la cría de peces, que vienen igualmente incorporando *design* y materiales avanzados en la construcción de lagos, tanques para peces, etcétera; tecnologías de nutrición y aumento de la reproducción basada en biotecnología e ingeniería genética; sistemas de alimentación basados en robótica. Se suman los esfuerzos en el desarrollo y aplicación de equipos, sistemas y procedimientos orientados a 1) proteger el medio-ambiente considerando el uso más intensivo de los recursos naturales, así como de aditivos sintéticos y otros hechos que pueden llevar a la degradación ambiental; 2) garantizar la sustentabilidad de los emprendimientos.

Una consecuencia de esa discusión es el creciente reconocimiento de la inadecuación del modo como son definidos los sectores económicos. A pesar de que el conocimiento sobre las diferentes trayectorias sectoriales continúa relevante, tanto la producción como la innovación son cada vez más influenciadas por el conocimiento y las capacidades de diferentes actividades productivas y áreas científicas. Las principales conclusiones

de esta discusión también contribuyen a aumentar las dificultades de disponer de un sistema de indicadores que tome en cuenta los nuevos desafíos, considerando que:

- la alta expansibilidad de los conocimientos asociados a las llamadas nuevas tecnologías base del nuevo patrón –TICS, biotecnología, ingeniería genética y materiales avanzados– evidencia que incluso sectores considerados tradicionales se presentan como altamente intensivos en tecnologías de punta;
- cuando fueron desarrolladas, las bases de la clasificación sectorial adoptada por los diferentes países e instituciones se relacionaban con conjuntos de conocimientos que pueden ahora estar representando un peso minoritario en el valor agregado del sector;
- debido a las dificultades en medir los conocimientos de variados orígenes utilizados en los diferentes sectores, continuamos tratando tales sectores del mismo modo que cuando las clasificaciones fueron concebidas;
- aunque sean sumadas nuevas actividades y sectores aquellos que forman parte de los sistemas estadísticos de los diferentes países, se hace cada vez más difícil continuar utilizando estas categorías sin cuestionarlas.

## El foco en sistemas productivos e innovativos locales: ventajas y desafíos

La RedeSist desarrolló un abordaje analítico que combina las contribuciones sobre desarrollo de la escuela estructuralista latinoamericana con la visión neo-schumpeteriana de sistemas de innovación.<sup>12</sup> A partir de estos referenciales, la RedeSist propuso los conceptos de *Arreglos y Sistemas Productivos e Innovativos Locales* –ASPILS– que focalizan conjuntos específicos de actores y actividades económicas. Este foco privilegia la investigación de: las articulaciones entre empresas y de éstas con otros actores; los flujos de conocimiento (en particular, en su dimensión tácita); las bases de los procesos de aprendizaje para la capacitación productiva,

12. Véanse detalles en Guimarães *et al.*, 2005.

organizacional e innovativa y la importancia de la proximidad geográfica e identidad histórica, institucional, social y cultural como fuentes de diversidad y ventajas competitivas sustentadas.

Conforme a la definición propuesta por la RedeSist,<sup>13</sup> *Sistemas Productivos e Innovativos Locales* –SPIL– designa conjuntos de actores económicos, políticos y sociales, localizados en un mismo territorio, con foco en un conjunto específico de actividades económicas y que presentan vínculos visibles de interacción, cooperación y aprendizaje, los cuales son fundamentales para la generación y la movilización de capacitaciones productivas e innovativas. Los SPILs generalmente incluyen empresas –productoras de bienes y servicios finales, suministradoras de insumos y equipos, prestadoras de servicios, comercializadoras, clientes, etcétera, cooperativas, asociaciones y representaciones– y demás organizaciones orientadas a la formación y entrenamiento de recursos humanos, información, pesquisa, desarrollo e ingeniería, promoción y financiamiento. *Arreglos Productivos Locales* (APL) designa aquellos casos que no presentan significativa articulación entre los actores y que, así, no pueden caracterizarse como sistemas.

Diferentes contextos, sistemas cognitivos y regulatorios y modos de articulación y de aprendizaje son reconocidos como fundamentales en la generación y difusión de conocimientos y particularmente de aquellos tácitos. Tales sistemas y modos de articulación pueden ser tanto formales como informales. Resaltamos que, del punto de vista metodológico, el análisis basado en nociones como la de sistemas productivos locales permite auxiliar en la superación de problemas tratados por abordajes tradicionales que se muestran crecientemente insuficientes y hasta inadecuados.

El análisis que pretendemos no sería posible si focalizásemos apenas las unidades productivas individuales o nos limitásemos apenas al abordaje sectorial o de cadenas y complejos productivos. Justamente porque consideramos importante reconocer que la base del dinamismo y de la competitividad de las empresas a) refleja las especificidades locales de los ambientes donde se insertan; b) no se restringe a un sector único,

13. Glosario en arreglos y sistemas productivos e innovativos locales <[www.sinal.redesist.ie.ufrj.br](http://www.sinal.redesist.ie.ufrj.br)>.

estando fuertemente asociada a actividades y capacitaciones hacia delante y hacia atrás a lo largo de la cadena de producción; incluyendo el diseño, control de calidad y actividades relativas al *marketing* y a la comercialización, además de una serie de actividades y organizaciones vinculadas a la generación, adquisición y difusión de conocimientos.

Alertamos, sin embargo, que el concepto de la RedeSist representa una unidad de análisis complementaria, y jamás sustituta de las demás. Resulta fundamental para comprender mejor la dinámica de un determinado sistema productivo –y dar sugerencias de cómo promoverlo– la necesidad de conocer en profundidad las especificidades del mismo y también su peso y papel dentro de los complejos, cadenas productivas y sectores en que se insertan, así como de las economías regionales e internacionales. Resumiendo las principales ventajas del foco en ASPIL propuesto por la RedeSist, se destaca que éste busca:

- representar una unidad práctica de investigación que va más allá de la tradicional visión basada en la organización individual (empresa), sector, cadena o complejo productivo, permitiendo establecer un puente entre el territorio y las actividades económicas, las cuales tampoco se restringen a los cortes clásicos espaciales como los niveles municipales y de micro-región;
- focalizar conjuntos de diferentes actores (empresas y organizaciones de investigación y desarrollo, educación, entrenamiento, promoción, financiamiento, etcétera) y actividades conexas que usualmente caracterizan cualquier sistema productivo e innovativo local;
- cubrir el espacio que simboliza el *locus* real donde ocurre el aprendizaje, donde son creadas las capacitaciones productivas e innovativas y fluyen los conocimientos y particularmente aquellos tácitos;
- representar el nivel en el cual las políticas de promoción del aprendizaje, innovación y creación de capacitaciones pueden ser más efectivas.

A pesar de las ventajas ofrecidas por el foco en sistemas productivos e innovativos, han sido realizadas críticas de que en realidad algunas de las nuevas políticas –formuladas supuestamente para promover tales sistemas– no pasan de “a thin icing on the solid neo-classical cake” (Reinhert y Reinert, 2003). Ese alerta es importante, como también es importante destacar algunos elementos fundamentales en esta discusión. De inicio,



cabe observar que los errores en las políticas de desarrollo se deben mayormente al no entendimiento completo de su concepción y a los modismos que hacen que las ideas en general interesantes, sean tratadas superficialmente y empleadas como panacea. Por detrás de cualquiera de los modismos actuales que enfatizaron desde la creación de polos y parques, incubadoras, distritos industriales, arreglos productivos locales o sistemas de innovación, hay concepciones bastante interesantes, que muchas veces fueron desconsideradas en la ansiedad de implementar acciones rápidas. Es necesario recordar también que la incorporación de nuevos conceptos, modelos e instrumentos está lejos de ser trivial y demanda cambios de cultura e importante aprendizaje institucional, principalmente por parte de investigadores, planificadores y *policy-makers*, o sea, de las agencias e individuos encargados de desarrollar, implementar y evaluar políticas.

El argumento básico del enfoque conceptual y analítico presentado en este trabajo es que donde haya producción de cualquier bien o servicio habrá siempre un entorno de la misma, involucrando actividades y actores relacionados con la adquisición de materias-primas, máquinas y demás insumos. Tales sistemas variarán desde aquellos más rudimentarios hasta aquellos más complejos y articulados, que funcionan de modo realmente sistémico. De esta forma, consideramos que el número de sistemas productivos locales existentes, por ejemplo, en Brasil sea tan grande cuanto la capacidad productiva brasileña permita. Este entendimiento hace más difícil la estructuración e implementación de políticas, en la medida que presupone un conocimiento profundo de cada caso. Desde el punto de vista normativo, no basta desarrollar indicadores y mapas procurando identificar la cantidad de sistemas existentes y sus diferentes configuraciones y grados de desarrollo. De modo semejante, por estar basadas en el reconocimiento de las especificidades de los diferentes sistemas, las políticas para su promoción son incompatibles con modelos genéricos que utilizan ideas de *benchmark* y *best practice*.

La RedeSist viene intentando desarrollar tipologías, indicadores y variables que permitan sacar algunas conclusiones sobre hechos recurrentes que propician o dificultan los procesos de aprendizaje, capacitación e innovación. Sin embargo, se alerta que el uso de tales taxonomías,

indicadores y la selección de casos ejemplares no debe de forma alguna inhibir la comprensión de los elementos diferenciados que la riqueza de las experiencias presenta en el mundo real. Como ha destacado particularmente Celso Furtado (1998), la adopción de políticas uniformes ignora la existencia de disparidades, que derivan no sólo de factores económicos, sino también de diversidades de las matrices socio-políticas y de las particularidades históricas. Se debe, por lo tanto, tener en cuenta que la movilización de un determinado sistema productivo generalmente implica conjuntos específicos de requerimientos que varían en el espacio y en el tiempo.

Se destaca inclusive que el énfasis en el desarrollo local no debe ser confundido con ideas superficiales sobre crecimiento endógeno, las cuales ganaron énfasis con la pregonada aceleración del proceso de globalización. Nuestro abordaje parte de la constatación de que el desarrollo local es condicionado y subordinado también por sistemas exógenos que pueden tener dimensión y control nacional e internacional. A partir de esta constatación, la proposición conceptual aquí presentada parte del supuesto de que la capacidad de generar innovaciones es el factor clave en la competitividad dinámica y sustentada de empresas y naciones, diversa de la competitividad espuria basada en bajos salarios y explotación intensiva y predatoria de recursos naturales (Fajnzylber, 1988, Coutinho y Ferraz, 1994).

Consideramos que las diferentes interacciones y modos de aprendizaje crean diversas aglomeraciones (*clusters*) de capacitaciones. Así, se muestran completamente diferentes las situaciones donde los arreglos productivos locales hacen de la región un simple hospedaje y donde se verifica la movilización y enraizamiento de las capacitaciones productivas e innovativas. En este sentido es que reiteramos que las nuevas políticas de desarrollo deben focalizar centralmente la promoción de proceso de generación, adquisición y difusión de conocimientos. Éstas han buscado crecientemente, a partir de una visión sistemática, (Lastres *et al.*, 2002):

- estimular las múltiples fuentes de conocimiento, así como las interacciones entre los diferentes actores, buscando dinamizar localmente los procesos de aprendizaje y de capacitación productiva e innovativa;

- fomentar el enraizamiento y la difusión –entendida como parte del proceso innovativo– del conocimiento codificado y tácito por toda la red de actores locales.

En la perspectiva de la RedeSist tres argumentos principales orientan la propuesta de políticas para movilización de sistemas productivos e innovativos locales. El primero se refiere a la importancia de identificar y diseñar políticas que tomen en cuenta las especificidades y requisitos de los diferentes actores locales, sus articulaciones y sus ambientes. El segundo se refiere a la consideración de que esas políticas serán más efectivas y exitosas cuanto mejor consigan focalizar e involucrar al conjunto de esos actores y ambientes en su diseño e implementación. El tercero es que idealmente las políticas de promoción de sistemas deben representar las discrepancias o tensiones, en nivel sectorial y regional, de las prioridades contenidas en un proyecto de desarrollo nacional de largo plazo. En este sentido es que destacamos la relevancia de trabajar con actores colectivos con mirar y acción sistemáticos, movilizand la participación de actores locales, y, al mismo tiempo, garantizando la coherencia y coordinación de las políticas en el nivel local, regional, nacional y supranacional.

## Referencias

- AROCENA, R. y SUTZ, J. (2003) "Knowledge, Innovation and Learning: Systems and Policies in the North and in the South" en CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M. y MACIEL, M. M. L. (eds.) *Systems of Innovation and Development*, Cheltenham, Elgar.
- BOSCHERINI, F., LÓPEZ, M. y YOGUEL, G. (1999) "Sistemas locales de innovación y el desarrollo de la capacidad inovativa de las firmas" en CASSIOLATO, J. E. y LASTRES, H. M. M. (orgs) *Globalização e inovação localizada – experiências de sistemas locais no Mercosul*, Brasília, IEL/IBICT.
- CASAS, R. (2003) "Networks and interactive learning between firms and academic institutions: social capital for local development" en *The First Globelics Conference: innovation systems and development strategies for the third millennium*, Rio de Janeiro, <<http://www.ie.ufrj.br/globelics/index.php?module=papers>>.
- CASSIOLATO, J. E. (1992) "The Role of User-Producer Relations in Innovation and Diffusion of New Technologies: lessons from Brazil" en D. Phil Thesis, Science Policy Research Unit, Universidad de Sussex, Brighton.
- y LASTRES, H. M. M. (2005) "Tecnoglobalismo e o papel dos esforços de P&D&I de multinacionais no mundo e no Brasil" en *Parcerias Estratégicas*, N° 20, pp. 1179-1200.
- y LASTRES, H. M. M. (2003) "O foco em arranjos e sistemas produtivos e inovativos locais" en LASTRES, H. M. M., CASSIOLATO, J. E. y MACIEL, M. L. (eds.) *Pequena empresa: cooperação e desenvolvimento local*, Rio de Janeiro, Relume Dumará.
- y LASTRES, H. M. M. (eds.) (1999) *Globalização e inovação localizada: Experiências de Sistemas Locais no Mercosul*, Brasília, IBICT/IEL.
- y MACIEL, M. M. L. (eds.) (2003) *Systems of Innovation and Development*. Cheltenham, Elgar.
- COOKE, P. E. y MORGAN, K. (1998) *The associational economy: firms, regions, and innovation*, Nueva York, Oxford University Press.
- COUTINHO, L. G. (2005) "A. Regimes macro-econômicos e estratégias de negócios: uma política industrial alternativa para o Brasil no século XXI" en LASTRES, H. M. M., CASSIOLATO, J. E. y ARROIO, A. (orgs.) *Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento*, Rio de Janeiro, UFRJ y Contraponto.

- COUTINHO, L. y FERRAZ, J. C. (orgs.) (1994) *Estudo da competitividade da indústria brasileira*, São Paulo, Papyrus.
- DAGNINO, R., THOMAS, H. y DAVYT, A. (1996) “El pensamiento latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una interpretación política de su trayectoria” en *Redes*, N° 3, 7, pp. 13-51.
- DAVID, P. y FORAY, D. (2002) “Economic fundamentals of the knowledge society”, mimeo, febrero.
- DUTRENIT, G., VERA-CRUZ, A. (2003) “Clustering SME with maquilas in a local context: benefiting from knowledge spillover” en *The First Globelics Conference*, Rio de Janeiro, <<http://www.ie.ufrj.br/globelics/index.php?module=papers>>
- EVANS, P. (1995) *Embedded autonomy: states and industrial transformation*, Nueva Jersey, Princeton University Press.
- FAJNZYLBER, F. (1988) “Competitividad internacional: evolución y lecciones” en *Revista de la Cepal*, N° 36, diciembre, pp. 7-24.
- FIORI, J. L. (2004) “O discurso e a história” en *Carta Capital*, octubre.
- FREEMAN, C. (1995) “The National System of Innovation in historical perspective” en *Cambridge Journal of Economics*, Cambridge, Academic Press Limited, N° 19.
- FURTADO, C. O. (1998) *Capitalismo Global*, São Paulo, Paz e Terra.
- GUIMARÃES, V., PEIXOTO, F., CASSIOLATO, J. E. y LASTRES, H. M. M. (2005) “Convergências e complementaridades da corrente neo-schumpeteriana com o pensamento estruturalista de Celso Furtado” en SABOIA, J. y CARDIM, F. (orgs.) *Celso Furtado e o Século XXI*, Editora Manole, São Paulo, 2006.
- HERRERA, A. (1995 [1971]), “Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita”, *Redes*, N° 2, 5, pp. 117-131.
- LASTRES, H. M. M., CASSIOLATO, J. E. y ARROIO, A. (orgs.) (2005) *Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento*, Rio de Janeiro, UFRJ y Contraponto.
- (2005) “A Sistemas de inovação e desenvolvimento: mitos e realidades da economia do conhecimento” en LASTRES, H. M. M., CASSIOLATO, J. E. y ARROIO, A. (orgs.) *Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento*, Rio de Janeiro, UFRJ y Contraponto.
- LEGEY, L. I. y ALBAGLI, S. (2003) “Indicadores da Sociedade e Economia da Informação, do Conhecimento e do Aprendizado” en VIOTTI, E. y MACEDO, M., *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação*, Campinas, Unicamp.

- LASTRES, H. M. M. *et al.* (coords.) (2002) *Interagir para competir: promoção de arranjos produtivos e inovativos no Brasil*, Brasília, Sebrae, 2002.
- ALBAGLI, S., LEMOS, C. y LEGEY, L. (2002) “Desafios e Oportunidades da Era do Conhecimento” en *São Paulo em Perspectiva*, Vol. 16, Nº 3, p. 60-66, julio-septiembre.
- y ALBAGLI, S. (1999) *Informação e globalização na era do conhecimento*, Rio de Janeiro, Campus, 318 p.
- y FERRAZ, J. (1999) “Economia da informação, do conhecimento e do aprendizado” en LASTRES, H. M. M. y ALBAGLI, S. (eds.) *Informação e Globalização na Era do Conhecimento*, Rio de Janeiro, Campus, <<http://www.sinal.redesist.ie.ufrj.br>>.
- LEMONS, C., MATOS, M., PEREIRA, M., SCHATZ, P., CASSIOLATO, J. E. y LASTRES, H. M. M. (2005) “Cultura e desenvolvimento: o APL de música de Conservatória/RJ.” Relatório de pesquisa elaborado para a Organização Internacional do Trabalho (OIT). RedeSist/IE/UFRJ, <[www.sinal.redesist.ie.ufrj.br](http://www.sinal.redesist.ie.ufrj.br)>.
- LUGONES, G. y PEIRANO, F. (2003) “The innovation surveys in Latin America: results and methodological novelties” en *The First Globelics Conference*, Rio de Janeiro, <<http://www.ie.ufrj.br/globelics/index.php?module=papers>>.
- LUNDVALL, B.-Å. (2002), *Growth, innovation and social cohesion: the Danish model*, Cheltenham, Edward Elgar.
- MARQUES, I. (1999) “Desmaterialização e trabalho” en LASTRES, H. M. M. y ALBAGLI, S. (eds.) *Informação e Globalização na Era do Conhecimento*, Rio de Janeiro, Campus, <<http://www.sinal.redesist.ie.ufrj.br>>.
- MOORI-KOENIG, V. y YOGUEL, G. (1999) “El desarrollo de capacidades inovativas de las firmas en escaso desarrollo del sistema local de innovación” en CASSIOLATO, J. E. y LASTRES, H. M. M. (orgs) *Globalização e inovação localizada – experiências de sistemas locais no Mercosul*, Brasília, IEL/IBICT.
- PERROUX, F. (1999) *L'Economie du XX siècle*, Paris, Presses Universitaires de France.
- REINERT, E. y REINERT, S. “Innovation system of the past: modern nations-states in a historical perspective. The role of innovations and systemic effects in economic thought and policy” en *The First Globelics Conference*, Rio de Janeiro, <<http://www.ie.ufrj.br/globelics/index.php?module=papers>>.

- SAGASTI, F. (1978) *Science and Technology for Development: Main Comparative Report of the Science and Technology Policy Instruments*, Project (STPI), IDRC, 57, Ottawa.
- SANTOS, M. (2001) *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*, Rio de Janeiro, Record.
- TAVARES, M. C. y FIORI, J. L. (1997) (orgs.) *Poder e Dinheiro: uma economia política para a globalização*, Rio de Janeiro, Vozes.
- YOGUEL, G. *et al.* (2003) “Knowledge and information: the diffusion of ICT in the Argentinean manufacturing industry” en *The First Globelics Conference*, Rio de Janeiro.

# Propiedad y expropiación en la economía del conocimiento

AGUSTÍN LAGE

*Todos los pícaros son tontos;  
los buenos son los que ganan a la larga.*

José Martí

## Introducción

La conciencia y los estudios sobre la nueva posición del conocimiento (y de la generación organizada de conocimiento) en los sistemas económicos son relativamente recientes.

No ha habido tiempo histórico para acumular datos empíricos y extraer de ellos conclusiones. Más aún, los datos que se puedan coleccionar hoy sobre las relaciones entre la investigación científica y la economía en diferentes países, probablemente sean de utilidad limitada, ya que lo que estamos presenciando en la función del conocimiento en la economía no es un cambio incremental sino una discontinuidad. Y las discontinuidades no se dejan explorar fácilmente con extrapolaciones de tendencias pasadas.

Aceptemos entonces desde el inicio, que el camino recorrido no es suficiente para ofrecer datos y conclusiones; pero sí lo es para comenzar a construir una visión, que por temprana puede ser imprecisa, pero también por temprana puede ser oportuna.

Construir esta visión desde la perspectiva de la experiencia cubana es por otra parte, una oportunidad singular. En el mundo hay ya abundantes



experiencias que estudiar sobre la integración de la ciencia a la economía (sistemas nacionales de innovación, parques tecnológicos, etcétera) pero todos en el contexto de economías de mercado; esto es, quizás diferentes en sus formas de organización y gestión pero muy similares en sus formas de propiedad.

Esta uniformidad ha sesgado el análisis, pues la gran mayoría de los estudios sobre el tema se concentran en discutir la forma de gestión de los recursos productivos (en este caso del conocimiento), e ignoran el problema de la apropiación; cuando es precisamente el régimen de propiedad lo que distingue en esencia los sistemas socioeconómicos.

Uno de los pocos lugares donde puede analizarse una experiencia de desarrollo científico técnico y económico basado en el conocimiento, en el contexto de un sistema socialista, y desde la perspectiva de compromiso social de sus actores, es Cuba.

Súmese a eso que la experiencia cubana ocurre en el contexto de una economía subdesarrollada, en un país del llamado “Tercer Mundo”, y se verá claramente que el análisis de esta experiencia puede ser relevante (y útil) para la gran mayoría de la humanidad.

Esto justifica el intento y excusa las limitaciones en el artículo que van a leer.

## ¿Qué es la economía del conocimiento?

El término “economía del conocimiento” intenta capturar un conjunto de fenómenos que denotan una importancia creciente del conocimiento en el funcionamiento y desarrollo de los sistemas productivos de bienes y servicios.

En los últimos años se ha ido acumulando una gran cantidad de literatura sobre el tema.

Por solo citar dos conocidos pensadores sobre el futuro de las economías, Alvin Toffler (Toffler, 1990) en su libro *El Cambio de Poder (Powershift)* declara que “... dado que él reduce las necesidades de materias primas, fuerza de trabajo, tiempo, espacio y capital, el conocimiento

se vuelve el recurso central de las economías avanzadas”; mientras que Peter Drucker concluye que “Las industrias que en los últimos cuarenta años han pasado a ocupar el centro de la economía son aquellas cuyo negocio es la producción y la distribución de conocimiento, y no la producción y distribución de objetos” (Drucker, 1994).

Que el conocimiento es importante para la producción no es nada nuevo: hace falta tecnología, experiencia, información, etcétera, para extraer petróleo, para producir azúcar, para ofrecer servicios turísticos; para todo.

Lo nuevo está en la expansión de industrias y ramas enteras de la economía, donde el conocimiento es el “recurso limitante”, no la tierra, no las materias primas, ni siquiera el capital.

Considérense como situaciones límites en un extremo las industrias extractivas (petróleo por ejemplo) y en el otro extremo la producción de *software*.

En las industrias extractivas como petróleo y minería, es obvio que el recurso limitante es la disponibilidad de materia prima. Si se dispone de ella en abundancia, se podrán atraer el capital y las tecnologías necesarias. Y aún en esos casos, de evidente protagonismo del componente materia prima, los conocimientos geológicos, tecnológicos y de negociación, así como la capacitación de los trabajadores, tienen un papel creciente como catalizadores del proceso que convierte el recurso natural en recurso económico realizable en el mercado.

En la industria del *software*, en el otro extremo, la materia prima no existe; es todo conocimiento. Se tiene el conocimiento y se tiene todo.

Los restantes sectores de la producción y los servicios están en algún lugar intermedio, en el balance entre el componente material y el componente intangible como determinantes del resultado.

Pero son precisamente aquellos sectores donde el conocimiento tiene un papel determinante, los que más se han expandido en los últimos años en los países industrializados: *software*, microelectrónica, computación, telecomunicaciones, industria farmacéutica, biotecnología, industria aeroespacial, polímeros y plásticos de alta tecnología, nuevos materiales, química fina, etcétera.

En los veinte años transcurridos entre 1976 y 1996, la fracción del comercio mundial clasificable como “productos de alta tecnología” se duplicó (de 11% a 22%) mientras que la fracción correspondiente a productos primarios se redujo de 34% a 13% (Banco Mundial, 1998).

Por todas partes vemos surgir los síntomas de esta transformación:

- El incremento en la cantidad de trabajadores que solo trabajan con información.
- El incremento del valor del conocimiento incorporado en la estructura de los costos y los precios.
- El crecimiento exponencial del depósito de patentes y los litigios sobre patentes.
- La competencia por “diferenciación de productos” más que por escala y precio.
- El acortamiento del tiempo de obsolescencia de los productos, que desplaza la competitividad hacia la capacidad de innovación.
- El incremento de las transacciones económicas sobre “activos intangibles”.
- Y muchos otros síntomas que anuncian el proceso esencial subyacente de transformación del conocimiento en el *recurso crítico* limitante del desempeño económico.

El acceso a este recurso comienza a ser ya un nuevo factor de polarización de la economía mundial.

Los países industrializados, con menos del 20% de la población mundial, realizan más del 80% de la inversión mundial en Investigación-Desarrollo, publican más del 85% de los artículos científicos, y son titulares de más del 90% de las patentes. La fracción de la población dedicada a la ciencia y la tecnología en el Norte se estima en 0,2%, mientras que en el Sur es inferior a 0,05% (Castro Díaz-Balart y Pérez, 2000).

## El recurso “conocimiento”: similar y diferente

El conocimiento como recurso económico tiene rasgos semejantes a otros recursos como las materias primas, la fuerza de trabajo y los bienes de capital.

El conocimiento tiene un costo, y no es barato. Si se tiene en cuenta que en muchos países desarrollados el sistema educacional absorbe aproximadamente el 10% del Producto Bruto Interno (PBI), que las empresas gastan otro 5% del PBI en capacitación, y que otro 3-5% se emplea en Investigación-Desarrollo, se concluye que las economías más avanzadas invierten hoy la quinta parte de su PBI en producir y diseminar conocimiento, lo cual es más que lo que esas mismas economías invierten en la formación de capital tradicional (Toffler, 1990).

El costo del conocimiento se transfiere al costo y al precio de los productos. En la medida en que el conocimiento se ha hecho limitante y ha dejado de ser un elemento de “externalidad” libremente accesible, las empresas tienen que pagar por él; ya sea por adquirirlo (patentes, transferencia de tecnologías, etcétera) o por generarlo.

Este conocimiento incorporado es fuente de valor, porque es una expresión del trabajo. Según Marx el valor de la mercancía solo surge del trabajo; es precisamente la fuerza de trabajo la única capaz de generar valor. Pero en ese proceso operan tanto el “trabajo inmediato” que ocurre durante el proceso concreto de manufactura, como el “trabajo general” que se incorpora al valor a través de los conocimientos y las tecnologías. El propio Marx lo define así: “Es trabajo general todo trabajo científico, todo conocimiento, todo invento” (Marx, 1973).

Pero el recurso “conocimiento” tiene también particularidades que lo diferencian de otros recursos. La tierra, los recursos naturales, la fuerza de trabajo y el capital son finitos. Se puede poseer mucho, pero tarde o temprano se agota. El conocimiento por el contrario es infinitamente expansible: siempre se puede generar más.

El conocimiento por otra parte no “se gasta”. Dos empresas no pueden usar al mismo tiempo la misma parcela de tierra, ni la misma brigada de trabajadores; pero sí pueden usar simultáneamente el mismo conocimiento.

Algunos han llevado esta idea al extremo de decir que el conocimiento es accesible, que no puede ser “apropiado”. Como veremos más adelante esta extrapolación es falsa; y uno de los procesos más complejos y peligrosos del capitalismo actual consiste precisamente en el intento

de encontrar formas de privatizar el conocimiento. Aunque también es cierto que el conocimiento es más difícil de privatizar que la tierra y los bienes de capital; y ahí radica precisamente la oportunidad.

El conocimiento rara vez es aplicable directa o inmediatamente. Su aplicación requiere en muchos casos de nuevo conocimiento, vinculado al contexto concreto, nacional o local en que se usa.

El conocimiento por último se deprecia muy rápidamente, al ser sustituido por conocimiento nuevo. No se puede “almacenar”.

Estos dos últimos rasgos implican que las ventajas o desventajas que derivan del rol del conocimiento en la economía dependen menos de la cantidad de conocimiento que hoy se tiene como de la capacidad de generar, rápida y continuamente, nuevo conocimiento. Es en el sistema de ciencia e innovación tecnológica, donde está el centro del problema.

El conocimiento, como cualquier otro recurso, tiene una “productividad”, una especie de rendimiento o retorno del conocimiento. Sobre esto no hay mediciones, ni siquiera una teoría; pero sí la intuición de que el mismo esfuerzo de generación de conocimientos produce retornos económicos diferentes en distintos contextos. El ejemplo más citado (quizás gastado) es la comparación para el período posterior a los años cincuenta, entre la notable producción de conocimientos científicos en Inglaterra con limitada traducción en competitividad industrial; y el ascenso económico de Japón, que no se basó principalmente en la producción de conocimiento nuevo (Toffler, 1990).

De manera que, cuando empezamos a ver al conocimiento como recurso productivo vemos también que disponer de este recurso es una cosa, e invertirlo bien para obtener retorno económico, es otra. Ello nos lleva inmediatamente a la idea de que disponer de un sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica es una cosa, y conectarlo inteligente y eficazmente con el aparato productivo, es otra. La Ciencia es obviamente, condición necesaria, pero ni con mucho condición suficiente.

## El conocimiento como recurso económico: La falacia de la “circulación”

Los cambios cualitativos en las funciones del conocimiento en los sistemas económicos están ocurriendo en tres planos simultáneamente:

- A nivel de la generación del conocimiento.
- A nivel de la circulación del conocimiento.
- A nivel de la apropiación del conocimiento y su valorización en transacciones económicas.

Ingenua o intencionalmente la literatura sobre el tema se concentra en el volumen y velocidad de circulación del conocimiento.

Pareciera que es suficiente conectarse a internet con suficiente ancho de banda para impulsar el desarrollo socioeconómico.

Es cierto que asistimos a una explosión sin precedentes de la información. Hay cientos de millones de computadoras personales en el mundo, cada año se depositan un millón de patentes y se publican dos millones de artículos científicos; y se estima que hay más de 400 millones de usuarios de internet. Alguien calculó que al ritmo de publicación actual, si se ponen los libros publicados uno junto a otro en fila, habrá que moverse a 150 km/h para seguir el extremo de la fila. Y aún pudiéramos añadir otras cifras y cálculos, cada cual más impresionante (Castro Díaz-Balart y Pérez, 2000).

Hay mucho conocimiento circulando y habrá más. Pero ahí no está lo esencial. La circulación de conocimientos, al igual que la circulación de mercancías, no crea valor.

Los cambios esenciales están en que el conocimiento está siendo generado de manera diferente, y está siendo apropiado de manera diferente.

El proceso de generación de conocimientos ha estado transformándose a lo largo de todo el siglo xx.

El hombre ha buscado siempre conocer; pero la ciencia, como actividad consciente, organizada y sistemática de obtener conocimientos nuevos y generalizables, no es tan vieja en la historia de la humanidad. De hecho era una actividad “de aficionados” hasta el siglo xviii. Solo en el siglo xix surge la profesión remunerada de investigador científico;

en sus inicios muy vinculada a las universidades (Castro Díaz-Balart, 2001).

En el siglo xx ocurren, casi superponiéndose, tres cambios importantes:

- El primero es el surgimiento de institutos de investigación científica, creados por el Estado, al margen del sistema universitario. Esto ocurre por primera vez en Alemania, en 1911 (Papón y Barré, 1996). De ahí en adelante, crecen y se desarrollan sistemas de instituciones científicas no-docentes, con diferentes formas organizativas y dimensiones, pero casi siempre bajo el control y el financiamiento del Estado. La investigación operaba así como parte de los gastos sociales, creando un contexto de conocimientos y cuadros de los cuales se aprovechaban las empresas sin pagar por ello, como externalidades económicas.
- El segundo cambio es la creciente inversión de las empresas para financiar investigaciones científicas, mediante diferentes modalidades de contratos o alianzas con instituciones académicas o universitarias. Los datos de la década del noventa registran que más del 50% de la actividad científica no-militar en los principales países industrializados, es financiada por la industria privada (Papón y Barré, 1996) y esta cifra sobrepasa el 70% en Japón.
- El tercer cambio, que se superpone en el tiempo con el segundo, y que es probablemente el más importante, es la creciente internalización de la actividad de investigación-desarrollo como parte del contenido de trabajo de las propias empresas de producción y servicios.

En los Estados Unidos, hacia 1920 ya existían unos 300 “laboratorios” en las corporaciones, y en 1960 éstos llegaban a 5400. La constitución misma de estos laboratorios es el reconocimiento de situaciones en las cuales la producción material ya no puede avanzar sin integrar un proceso organizado de producción de conocimientos (Mandel, 1979). La gran industria farmacéutica puede servir para ilustrar esta tendencia. Sus gastos en I+D pasaron del 12% de la facturación al 22% de la facturación en los últimos 17 años; un gasto en I+D en el orden de las decenas de billones de dólares por año.

En los últimos veinte años del siglo xx comienzan a surgir empresas donde la generación de conocimientos no es solo una actividad intrínseca, sino la actividad principal.

Cuando el conocimiento se convierte en el “recurso limitante” las empresas asumen la responsabilidad de generar la mayor parte del conocimiento que necesitan y de las que depende su competitividad. Esto ocurre de manera asincrónica en diferentes sectores de la economía, y resulta más visible en los llamados “sectores de alta tecnología” en cuyas empresas pueden distinguirse los siguientes rasgos:

- Altos gastos en investigación-desarrollo.
- Oferta de productos y servicios especializados, a veces únicos.
- Competencia por diferenciación de productos, más que por escala y precio.
- Frecuentes negociaciones sobre “activos intangibles” (patentes, marcas, tecnologías, etcétera).
- Amplio uso de la protección de patentes.
- Aceptación del riesgo como consustancial a la gestión empresarial.
- Empleo de fuerza de trabajo de alta calificación.
- Los recursos humanos son irremplazables: se tratan como un “activo” y no como un “costo”.

No es difícil ver que tales “empresas” van asumiendo los rasgos que han caracterizado siempre a las instituciones de investigación científica: orientación a futuro, resultados poco predictibles, recursos humanos de alta calificación.

Esta tendencia en las empresas, sumada a la tendencia creciente de los Centros Científicos a preocuparse y ocuparse del impacto económico de sus investigaciones, crean juntas una situación en la cual las fronteras entre empresas que investigan y Centros Científicos con impacto económico, se hacen borrosas, siendo cada vez más difícil clasificar una organización en uno u otro grupo. El esfuerzo por mantener artificialmente esa frontera es inútil, y fracasará, sino hoy, en un futuro cercano.

El caso de las “empresas biotecnológicas” puede estudiarse como un “caso límite” de esa tendencia. Hoy, más de veinte años después del surgimiento de las primeras empresas biotecnológicas en los Estados Unidos



y Europa, todavía más del 80% de esas empresas operan en flujo de caja negativo y no se autofinancian con sus ventas. Ello es consecuencia de que invierten en Investigación-Desarrollo más dinero que el que ganan. ¿Cómo lo hacen? Pues básicamente a expensas de inversiones de capital de riesgo y/o de ventas de acciones en las Bolsas de Valores, vendiendo “percepciones y promesas” lo que se convierte en la práctica en una forma de financiar la inversión (en I+D) a expensas de las ganancias futuras (si se realizan), en vez de a expensas de las ganancias pasadas como hacen todas las demás industrias.

## **La cuestión de la propiedad: el verdadero problema**

El acortamiento de las conexiones entre la generación del conocimiento y la producción de bienes y servicios, hasta subsumir (al menos parcialmente) la investigación científica en la gestión empresarial, es un proceso objetivo e indetenible, consecuencia del nivel de desarrollo de las fuerzas productivas. Esto no es intrínsecamente negativo para el futuro de la humanidad, ni para la aspiración superior de la justicia social.

Enfrentarse a esta tendencia sería enfrentarse a un falso problema, lo que equivale a rehuir el problema verdadero. Y es que el problema verdadero y principal no es el de la producción sino el de la apropiación. Se produce de una manera u otra y cada vez mejor. La cuestión es: ¿a quién pertenece lo que se produce? Y ¿a quién pertenecen los medios para producir?

Desde que la humanidad abandonó la comunidad primitiva y generó excedentes productivos por encima del nivel de subsistencia se planteó la cuestión de la propiedad, especialmente de la propiedad sobre los medios de producción.

Las batallas en torno a la propiedad han tenido en las diferentes etapas, formas diversas, al concentrarse sobre aquellos factores de la producción que son en cada momento los principales, los más escasos y limitantes.

Así, la esclavitud legitimó la propiedad de unos hombres sobre otros hombres, considerando al esclavo y su fuerza de trabajo inmediata como

un “medio de producción”. La propiedad de la tierra fue después el centro de la batalla. No fue siempre así: hubo siglos enteros en que la tierra sobraba, en proporción a la población humana y sus capacidades para explotarla. Eran “tierras comunes”. Cuando se hizo limitante fue apropiada por las clases poderosas. Después fue el capital y los “bienes de capital”, las fábricas y maquinarias que a partir de la revolución industrial deciden el desempeño económico y la competitividad.

Los conflictos sobre la propiedad han acompañado a la humanidad durante más de 3.000 años. Desde esta óptica no es sorprendente que la transformación del conocimiento en el “recurso limitante” para la producción de bienes y servicios, se acompañe, en el capitalismo, por un agresivo intento de apropiación y privatización del conocimiento.

La propia pregunta ¿a quién pertenece el conocimiento?, parece a primera vista absurda. Choca con la ética y con la cultura. Si algo es un producto netamente social es precisamente el conocimiento, tan dependiente de la cultura y el acervo precedente.

En su clásico de filosofía de la ciencia *La estructura de las revoluciones científicas*, Thomas Kuhn llamaba a “reconocer que la herencia común de la humanidad no son solo el cielo y los océanos, sino el avance tecnológico mismo” (Kuhn, 1962).

Pero es precisamente el intento de privatizar el conocimiento lo que estamos presenciando, como reacción del sistema capitalista a sus nuevas funciones de recurso limitante en la economía. Se trata de uno de los fenómenos más peligrosos de este inicio del siglo XXI, sobre el que es necesario alertar, antes de que se haga irreversible. Lo que está ocurriendo es un cambio en la forma que toma la apropiación individual de los resultados del trabajo social.

Sucede además, que los procesos de apropiación no siempre son transparentes. Los científicos tenemos en este asunto tres tareas impostergables:

La primera es descubrir las formas concretas en las que ocurre la apropiación privada del conocimiento. Estas formas, como se verá más adelante, son básicamente cuatro:

1. La protección de la propiedad intelectual.

2. La internalización del trabajo científico en grandes organizaciones de la industria.
3. La especulación de las regulaciones.
4. El “robo de cerebros”.

La segunda tarea es hacer un juicio ético de este proceso, que genere una conciencia colectiva sobre la ilegitimidad de esa apropiación.

La tercera y más compleja es construir las alternativas a los procesos actuales, que contengan las formas concretas de “expropiar a los expropiadores”.

## **Propiedad intelectual: los “TRIPS” y la acumulación originaria del conocimiento**

La primera y más evidente (aunque no la única) forma de privatización del conocimiento es la llamada “propiedad intelectual” (término intrínsecamente contradictorio) que se expresa en la ciencia y la técnica principalmente a través de las patentes. Cada año se depositan más de un millón de patentes.

La imposición universal de la protección de Propiedad Intelectual es parte de los acuerdos del GATT (General Agreement on Tariff and Trade), que dieron origen en 1995 a la Organización Mundial de Comercio (OMC) (Velázquez y Boulet, 1997). Realmente los temas de propiedad intelectual fueron muy poco tratados en las negociaciones del GATT desde su nacimiento en 1947, hasta que fueron incluidos en la Agenda de la Ronda Uruguay en 1986 bajo presión principalmente de las grandes empresas farmacéuticas.

Una patente es un derecho monopolístico de comercialización (y de exclusión de terceros de la comercialización) que otorga un Estado durante un tiempo dado, a alguien que ha hecho una “invención”, que debe ser de utilidad práctica y además no-obvia a partir del conocimiento precedente.

Leyes de patentes existen hace mucho tiempo, y durante cierta etapa funcionaron bien. Pero a medida que la generación de conocimiento nuevo de aplicación inmediata pasó a ser un evento cotidiano en muchos

sectores de la producción y servicios, la cantidad de patentes depositadas se multiplicó, la competencia obligó al depósito precoz de patentes sobre invenciones carentes aun de evidencia de utilidad práctica, las fronteras entre lo obvio y lo no-obvio se borraron o se hicieron arbitrarias, y los litigios se multiplicaron.

El desplazamiento de la fuente de financiamiento de la investigación hacia el sector privado, estimuló a universidades e institutos públicos a proteger con patentes prácticamente todo.

Los costos de las patentes y los litigios pusieron el poder de la propiedad intelectual en manos de quienes tienen más recursos para pagarlos. Los costos de abogados solamente alcanzan los 10.000 dólares para obtener una patente, y emprender un litigio cuesta no menos de 1,5 millones (Barton, 2000). Las empresas multinacionales tienen hoy miles de patentes.

La situación va llegando a extremos absurdos recientemente con la polémica sobre la patentabilidad de los genes. En 1991, el NIH (Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos) abrió la polémica al depositar su primera patente sobre fragmentos de genes expresados (EST: Expressed Séquence Tags) cuya función biológica y su aplicación práctica no eran conocidas (Heller y Eisenberg, 1998).

En 1998 la Directiva Europea sobre la Biotecnología (Directiva 98/44 del Parlamento europeo) estableció la patentabilidad de cualquier material contentivo de información genética. Hay hoy más de 6.000 patentes de genes concedidas en los Estados Unidos y de ellas más de mil corresponden a genes humanos; y se dice que hay más de medio millón pendiente de análisis.

El sistema, además de injusto, es infuncional. La obtención del conocimiento nuevo, se apoya siempre en el conocimiento precedente. Hoy se reclama propiedad intelectual sobre resultados científicos que hace apenas unos años hubiesen sido publicados y de libre acceso. Así, cada vez más, cualquier investigador en prácticamente cualquier proyecto, encontrará que muchas piezas de conocimiento que necesita usar para llevar adelante su proyecto, son ya propiedad de alguien, que tiene derecho a excluirlo de su uso o a exigirle un pago. Los costos de transac-

ción pueden ser enormes y disuasivos, y el sistema entero se convertirá en un obstáculo para la investigación científica.

En el campo de los medicamentos, las aristas éticas de este problema son aún más agudas. La concesión de derechos monopólicos sobre descubrimientos científicos inevitablemente restringe el uso y aumenta los costos. Las recientes polémicas internacionales sobre el acceso a medicamentos para el tratamiento del sida, muestran ya la cara trágica de la privatización del conocimiento.

La lógica de las patentes está en buscar una “tasa de retorno” sobre la inversión (en este caso en la investigación) y es una consecuencia de la aplicación de las leyes del mercado a la investigación científica. Pero sucede que en la producción de conocimiento (a diferencia de la producción de objetos materiales), el “inventor” hace solamente el tramo final de un largo proceso creativo que depende de la sociedad en su conjunto.

El conflicto ético no concierne en verdad solamente a la propiedad del conocimiento, sino al sistema entero de propiedad sobre los medios de producción y de apropiación privada de productos socialmente generados; pero en el caso del conocimiento esta contradicción es mucho más evidente.

Estamos ante una situación análoga a la que Marx describió como “acumulación originaria del capital” y definió como: “el proceso histórico de disociación entre los productores y los medios de producción”. Explicando este proceso en *El Capital*, Marx describió cómo la tierra de labranza al convertirse en “recurso limitante” fue expropiada violentamente en el siglo XVIII a la población rural de Inglaterra, que la utilizaba como un bien común. La apropiación se estableció mediante una “Ley de Cercado de los Terrenos Comunes” (*Bill for Inclosure of Commons*; 1785), a favor de las clases dominantes (Marx, 1973).

Los Acuerdos sobre Propiedad Intelectual (TRIPS: *Trade-Related Intellectual Property*) aprobados en 1994 y protegidos por la Organización Mundial de Comercio, funcionan ahora como una especie de “Ley de Cercado de los Conocimientos”, que conduce a la apropiación violenta y a una especie de acumulación originaria del conocimiento, hasta ahora fruto común de la cultura y el intelecto creativo de muchas personas.

## La economía de escala de la investigación científica y la reproducción ampliada del conocimiento

Las leyes de protección a la propiedad intelectual en sus diferentes variantes constituyen una forma muy visible de privatización del conocimiento, pero no es la única.

La propia creación de organizaciones de investigación científica dentro de la industria establece, independientemente de la propiedad intelectual, otro mecanismo al crear las condiciones para la internalización del trabajo pretérito en el capital.

Intentemos disecar un poco más este fenómeno. La investigación científica es vista por muchos como un acto de creatividad individual, mediante el cual determinados individuos con talento y preparación para ello son capaces de encontrar las piezas relevantes de información dentro de la enorme y confusa cantidad de datos que ofrece el mundo real. Este es un proceso intuitivo, esencialmente probabilístico, que no tiene “metodologías”. El “método científico” se relaciona con la manera en que las preguntas relevantes se responden, pero no con la manera en que se formulan.

Pero en cierto momento de madurez de una rama de la ciencia o de la técnica (y esto es diferente en cada campo) se acumula una enorme cantidad de preguntas científicas relevantes, de procedimientos experimentales válidos y de datos importantes por obtener, que rebasa con mucho la capacidad práctica de un investigador científico. Entonces esa rama de la ciencia está madura para transitar hacia el escalado y la estandarización de la investigación.

Tomemos por ejemplo la prospección farmacológica para el descubrimiento de nuevas drogas. Una vez que se conoce que determinado receptor molecular en la célula es importante para determinada función, el paso siguiente es estandarizar un método de ensayo sensible, específico y barato, y emplearlo para evaluar cuantas moléculas sean posible, ayudado o no por procedimientos de simulación en computadoras. Una vez que se dispone de alguna molécula con efectos agonistas o antagonistas, se construye la serie de análogos y se exploran las relaciones entre estructura química y

actividad biológica mediante procedimientos bien estandarizados; y luego los candidatos más atractivos entran en una maquinaria de estudios toxicológicos y farmacológicos, también estandarizados; y después a los ensayos clínicos en sus varias fases; aún más estandarizados.

Lo que se dice en las diez líneas del párrafo precedente puede ser labor de cientos de científicos, durante varios años, a un costo de decenas o cientos de millones. Ejemplos similares pueden encontrarse en casi todas las ramas de la ciencia y la técnica. Comienza así a funcionar la “economía de escala” de la investigación científica: grandes laboratorios en las industrias, muy bien equipados; muchos investigadores, procedimientos estandarizados, etcétera. El científico individual pierde el control del proceso y se vuelve incluso sustituible. La organización con sus recursos, o sea el capital, asume el trabajo.

También aquí podemos encontrar una analogía con los primeros tiempos del capitalismo y la revolución industrial: con el surgimiento de la manufactura como forma especial de organización del trabajo que sustituye la artesanía, y con el empleo sistemático de la maquinaria, el obrero perdió su independencia técnica convirtiéndose en una parte de la organización productiva. La fábrica y su maquinaria, esto es, el capital, internalizaron parte del trabajo inmediato, y el proceso separó definitivamente al obrero de los resultados de su trabajo, limitándolo a vender la mercancía “fuerza de trabajo”.

Eso ocurrió hace doscientos años con el llamado “trabajo inmediato”, el que se realiza durante el proceso productivo. Ahora asistimos a un fenómeno análogo, pero esta vez con el “trabajo general”, el que incorpora valor al producto a través de los conocimientos, invenciones y tecnologías, fruto de esfuerzos pretéritos.

La organización de investigación científica industrial a gran escala subsume el trabajo intelectual dentro del capital, como hace dos siglos lo hizo la máquina con el trabajo inmediato. La ciencia ha sido transformada en capital. A partir de ahí, y *dentro* de esas organizaciones, el conocimiento se reproduce a sí mismo, en una especie de “reproducción ampliada del conocimiento”, en la cual, de manera análoga a como lo definió Marx para el capital “toda acumulación sirve de medio de nueva acumulación”.

Por supuesto que sería absurdo convocar a una oposición a la organización de la investigación científica en grandes colectivos con procedimientos eficientes; tal como fue absurda la oposición de los obreros ludistas a la maquinaria como fenómeno técnico.

Una vez más la ilegitimidad del proceso no está en la forma de producción, sino en el régimen de apropiación. Los grandes Centros de Biotecnología cubana por ejemplo, de propiedad estatal, tienen totalmente otro significado.

Sobre este tema volveremos más adelante.

## La especulación de las regulaciones

Las regulaciones o “barreras técnicas al comercio” no han dejado de crecer en los últimos treinta años. De acuerdo con las definiciones dadas por la propia Organización Mundial del Comercio, una “barrera técnica” es:

“... un documento que establece las características de un producto o de sus procesos y métodos de producción, incluyendo provisiones administrativas aplicables, cuyo cumplimiento es obligatorio...”

Este fenómeno es particularmente evidente en el campo de la industria farmacéutica y la biotecnología, donde los costos asociados a llevar los productos y los procesos a los estándares regulatorios vigentes son enormes. Un fenómeno similar comienza a pesar ya sobre la industria de productos alimenticios.

No se trata aquí, digámoslo de inicio para evitar confusiones, de criticar los estándares regulatorios necesarios para obtener productos de calidad y proteger a los consumidores. Ese no es el tema.

El problema comienza cuando los requisitos regulatorios dejan detrás los necesarios requerimientos de calidad y son artificialmente inflados, convirtiéndose en mecanismos no arancelarios de proteccionismo económico a favor de las grandes empresas.



En estas condiciones, la satisfacción de los requisitos regulatorios genera enormes costos fijos que tienen dos efectos: en primer lugar sacan de la rentabilidad a toda empresa mediana o pequeña que no tenga un volumen de facturación suficiente para absorber estos costos fijos en sus ganancias; y en segundo lugar tales costos se transmiten a los precios, limitando en el caso de los medicamentos por ejemplo, que puedan ser adquiridos por quienes los necesitan, y reduciendo así su impacto en los problemas de salud que se supone deban resolver.

Si la función de los productos farmacéuticos se midiera por su impacto en la salud a escala poblacional, se haría evidente que, si bien en el extremo de regulaciones insuficientes habría poco impacto por insuficiente calidad, en el otro extremo de regulaciones infladas vuelve a haber poco impacto por el alto costo y la poca accesibilidad del producto.

En el límite hay situaciones cercanas al absurdo, como es el caso de la vacuna de la poliomielitis, eficiente producto que ha logrado detener y está cerca de erradicar una terrible enfermedad; y que todos los expertos reconocen que existe porque se obtuvo en los años cincuenta, pero que si hubiese sido re-descubierta hoy, con los estándares regulatorios actuales, jamás hubiese sido aprobada.

Este problema tiene aristas muy complejas, como todo problema que depende de encontrar un justo medio entre extremos inconvenientes; y ante tal complejidad muchos prefieren no abordarlo y continuar el juego del incremento constante de los requisitos regulatorios; esperando quizás que, como en la fábula del traje del emperador, alguien exponga un día el absurdo y diga: “el emperador está desnudo”.

El carácter proteccionista de una parte de las actuales barreras técnicas es objeto hoy de mucho debate, incluso dentro de la OMC; pero no es esta la faceta del tema que se quiere tratar en este artículo. El motivo de incluir esta sección en un análisis sobre la apropiación del conocimiento como recurso económico es otro: se trata de que el manejo exitoso del contexto regulatorio se ha convertido en una tecnología en sí misma, sustentada en literalmente miles de documentos regulatorios que se aplican en diferentes combinaciones en cada situación concreta y cuyo dominio completo, además de imposible, ni siquiera es una garantía de éxito pues la propia interpretación de regulaciones vigentes está sujeta

a percepciones que varían con los propios estándares que cada sector industrial va creando.

El conocimiento necesario para enfrentar las barreras técnicas va quedando cada vez en menos manos; y en parte es comercializado (como conocimiento) a través de cientos de agencias de consultoría, centros de entrenamiento, dispositivos docentes y organizaciones de investigación por contrato (CRO: *Contract Research Organization*).

Este conocimiento dista mucho de ser “público”. Parte de la ventaja competitiva de las grandes empresas farmacéuticas deriva de su *know-how* para manejar el contexto regulatorio. De hecho la complejidad del problema opera como disuasión para muchas empresas pequeñas, que prefieren no intentar cerrar el ciclo investigación-producción-mercado, sino negociar licencias con las grandes empresas. El valor del conocimiento necesario para enfrentar las barreras regulatorias es parte de lo que reciben a cambio de su producto en esas transacciones.

Así este *know-how* añade valor al producto y crea ventajas competitivas. Pero a diferencia del conocimiento incorporado al producto por un descubrimiento científico o una innovación en el proceso productivo, el valor creado por el dominio del contexto regulatorio, es al menos en parte, valor especulativo; derivado de conocimiento útil para resolver problemas que han sido artificialmente creados.

El proceso se parece mucho al crecimiento especulativo del valor de las acciones, que se basa en percepciones artificialmente creadas, y que durante un tiempo es realmente negociable. O al estímulo al consumo de mercancías que venden “imagen”. El resultado neto es un flujo grande de dinero a cambio de poco valor agregado real. Un proceso que genera más concentración de capacidades y que continuará con ese rumbo hasta que tal concentración se convierta en un obstáculo para la productividad de todo el sistema, incluso en los países más ricos.

“Encuentre una necesidad y cobre por satisfacerla” era una recomendación reiterada en varios textos sobre estrategias comerciales. “Invente una necesidad y cobre por satisfacerla” parece ser la variante que se aplica al tema que estamos discutiendo.

## El “robo de cerebros”: paso atrás hacia la propiedad sobre las personas

El fenómeno que estamos analizando, esto es, la transformación del conocimiento en “recurso limitante” en cada vez más sectores de la producción y los servicios, no ocurre en el vacío: se da en un contexto histórico concreto caracterizado por el poder del imperialismo y por la globalización neoliberal.

En la época en que Marx escribió *El Capital* las contradicciones del capitalismo entre el carácter social de la producción y el carácter privado de la apropiación se expresaban de forma tan aguda, que se comenzaba a hablar de “capitalismo agonizante”.

Cien años después, el Che alertó de lo prematuro de este juicio y anotó: “Hay que tener cuidado con afirmaciones como esta: ‘agonizante’. Un hombre maduro ya no puede sufrir más cambios fisiológicos, pero no está agonizante. El sistema capitalista llega a su madurez total con el imperialismo, pero ni siquiera éste ha aprovechado al máximo sus posibilidades en el momento actual y todavía tiene gran vitalidad”; y continuaba afirmando que la visión de la relación entre la burguesía y el proletariado como relación de clase fundamental “corresponde a la concepción clásica de Marx, que no había previsto el Imperialismo” e insiste en que “la tendencia del Imperialismo es a hacer participar a los obreros en las migajas de su explotación a otros pueblos” (Borrego, 2001).

En la era de la globalización, ningún problema puede analizarse al margen de sus relaciones globales. Mucho menos el tema de las funciones del conocimiento en las economías. Estamos asistiendo a un proceso acelerado de concentración de riquezas y marginación de personas; que es evidente con cualesquiera indicadores que se deseen usar para medirlo: distribución del PBI, consumo de alimentos, consumo de energía u otros. La participación del 20% más pobre de la población mundial en los ingresos mundiales ha disminuido del 2,3% al 1,4% en los últimos veinte años, mientras que la participación del 20% más rico aumentó del 74% (1970) al 83% (1990) y la tendencia continúa (Dieterich, Franco y Peters, 1998). En 1965 la renta media por habitante de los 7 países más

ricos era 20 veces mayor que la de los 7 países más pobres; y en 1995 era ya 39 veces mayor (Soberón, 2000).

El proceso, cuando ocurre a escala internacional, es aún más cruel y peligroso que cuando ocurre en el interior de las naciones, ya que la escasa base jurídica que establece la responsabilidad de los Estados con el bienestar de todos sus ciudadanos, se diluye a escala internacional. Nadie en Washington se siente responsable de lo que ocurre en Chiapas.

La tendencia concentradora en la producción de conocimientos, es aún más aguda. Los países industrializados concentran más del 90% de toda la producción científica.

Ya hemos visto en las secciones anteriores cómo se privatiza el conocimiento socialmente producido a favor del capital en esos países industrializados. Se trata ahora en esta sección de añadir cómo se privatiza también, a favor de las economías industrializadas, la escasa inversión en generación de conocimientos que se hace en los países del Sur.

Una parte importante de esa inversión en conocimiento está en la formación de cuadros científicos y técnicos. Ellos son portadores del recurso “conocimiento” creado por la inversión social. Parecería que esto no es “apropiable” a menos que ocurra una “apropiación de las personas”. Eso es precisamente lo que ocurre.

Hay 1,2 millones de profesionales de América Latina y el Caribe trabajando como emigrantes en Estados Unidos, Inglaterra y Canadá. Si se estima en 30.000 dólares el costo de formación de un profesional, esta emigración ha significado la transferencia, del Sur al Norte, de 36.000 millones de dólares lo cual es equivalente a 10 años de inversión en Ciencia y Técnica, y es varias veces más que toda la ayuda del BID al desarrollo científico de la región.

El 23% de todos los PhD que trabajan en los Estados Unidos provienen de otros países y esta cifra llega al 40% en el campo de la computación. Aproximadamente un tercio de todos los científicos formados en los países del Tercer Mundo, no trabajan en sus países y actualmente se estima que algo más del 50% de los que viajan a hacer un Doctorado en Norteamérica y Europa, no regresan.

Las cifras son elocuentes en sí mismas, pero eso no es todo. Debe tenerse en cuenta además, que si bien la emigración selectiva de científicos y tecnólogos comenzó espontáneamente, guiada por el gradiente en condiciones de vida y de trabajo; en los últimos años la promoción de esta emigración se ha convertido en una política oficial de Estado en varios países del Norte, con incentivos y procedimientos especialmente diseñados a ese fin.

La emigración selectiva se convierte así en un eficiente mecanismo para expropiar a los países más pobres, de la escasa inversión que han podido hacer en generación de conocimientos.

Estos científicos y tecnólogos emigrantes generan una parte importante de las patentes; y entonces incluso la propia teoría de la propiedad intelectual como mecanismo de retorno de la inversión entra en contradicción, porque en este caso el resultado económico no retorna al país donde se hizo una parte importante de la inversión para capacitar esos científicos.

Tal tendencia, combinada con la creciente internalización del trabajo científico en grandes organizaciones privadas, con alta concentración de capital, hace que el emigrante (tal como el obrero con su fuerza de trabajo) no tenga otra alternativa que “vender” su capacidad de generar conocimiento, a cambio de un salario que es el costo de reproducción de esa fuerza calificada, y que nada tiene que ver con el valor creado por su trabajo científico; el cual pertenece a otros.

Aquí concluimos la disección de las formas de apropiación privada del conocimiento en su condición de recurso económico.

Veamos a continuación algunas consecuencias adicionales.

## Un problema “global”

El término “problemas globales” se ha venido usando crecientemente en los últimos años para describir problemas tales como el crecimiento de la población, la escasez de recursos energéticos, las migraciones, la contaminación ambiental, las limitaciones en la producción de alimentos, la violencia, el narcotráfico, la pandemia del sida, etcétera, a cuyo impacto no

escapa ningún país y cuya solución no puede ser emprendida por ninguna nación aisladamente.

Sumemos a la lista la concentración geográfica de la ciencia, y veamos por qué es negativa para todos, incluso para los países más ricos. Resulta sorprendente cómo este fenómeno es excluido del inventario de “problemas globales”, dado que la polarización de la ciencia no es solamente un problema en sí mismo, sino que a su vez limita la aparición de soluciones viables a los restantes problemas.

La polarización de la actividad científica amenaza con excluir del conocimiento al 80% de la humanidad. Ciencia y conocimiento son prácticamente el mismo problema. En el mundo actual la capacidad para *usar* el conocimiento está cada vez más vinculada a la capacidad de generarlo. Los modelos de “transferencia de tecnología” son cada vez menos funcionales. A la velocidad a la que las nuevas tecnologías surgen y se renuevan, cualquier “transferencia” tiene que ser muy creativa. Sin capacidad de generar conocimiento, tampoco será posible asimilarlo.

La apropiación privada y la concentración en pocas manos del conocimiento acumulado y de la capacidad de crear más, es un asunto de tremendas implicaciones éticas y políticas. Pero dejemos por un momento ese aspecto del problema y concentrémonos en esta sección en identificar que también es una amenaza para la eficiencia y productividad de la creación científica a escala global, y veamos porqué:

- La ciencia se está transformando rápidamente en un componente de la cultura general; un procedimiento estructurado para comprender el mundo real, mediante la adquisición, análisis y verificación organizada de datos. Esta tendencia sería muy positiva, si fuese verdaderamente cultural, lo que significa masivamente asequible a la gente. La concentración de la ciencia en pocos grupos tendrá un efecto tan negativo como la concentración de la capacidad de leer y escribir.
- La ciencia se beneficia de la diversidad de enfoques. Esta diversidad está profundamente enraizada en el carácter social de la actividad científica y se relaciona con la diversidad intrínseca de las sociedades en que se realiza. La concentración de la ciencia reduce esta diversidad e interfiere con la imprescindible sustitución de paradigmas.

- La ciencia avanza no sólo a través del surgimiento de piezas completamente nuevas de conocimiento, sino también mediante la “recombinación” del conocimiento existente. Este proceso es directamente proporcional al número de equipos científicos, persiguiendo diferentes objetivos, así como a la intensidad de las comunicaciones (la “conectividad” de la red científica). La genética ha descubierto hace tiempo las ventajas de la recombinación y el polimorfismo; la organización de la ciencia aún no parece haber captado el mensaje.
- La ciencia, especialmente en el campo de la Biología, debe tomar en cuenta la enorme diversidad de los sistemas biológicos, que se distribuyen en el mundo, principalmente en el Sur. La concentración de la Biotecnología introduce el riesgo de sesgar la investigación hacia “sistemas modelo”, en vez de sistemas reales.

Y la lista podría ser mayor. Baste para comprender, e intentar hacer comprender, que la tendencia concentrativa actual de la actividad científica es negativa para la productividad del proceso a escala global, no solo en los países desfavorecidos.

A ello se suman las consecuencias de la apropiación privada del conocimiento, que ya comienza a conformarse como un freno. Todavía sus efectos mayores no son completamente visibles. Aun hasta la década final del siglo xx cualquier proyecto científico, que siempre necesita apoyarse en el conocimiento precedente, se apoyaba en un contexto de conocimiento anterior que era en su gran mayoría de dominio público. Téngase en cuenta que la explosión de protección de propiedad para virtualmente cualquier pieza nueva de conocimiento, comienza en la década de los ochenta.

A partir de ahora y cada vez más, veremos cualquier proyecto chocar desde sus inicios con decenas de patentes y tecnologías propiedad de otros, con amplios derechos de exclusión de terceros, aun desde la etapa de investigación. La contradicción entre la apropiación privada del conocimiento y el carácter intrínsecamente social de la producción de conocimiento, frenará el desarrollo de las fuerzas productivas.

Marx, con su sensibilidad de revolucionario, deseó el fin del capitalismo por razones de justicia; pero al mismo tiempo, con su rigurosidad

de pensador científico previó el fin del capitalismo no por esa razón, sino por las limitaciones que las contradicciones derivadas de su régimen de propiedad impondrían al desarrollo económico. La creciente transformación del conocimiento en recurso limitante de la producción de bienes y servicios agudiza esas contradicciones.

## ¿Ciencia y desarrollo económico: asociación o causalidad?

Con cualquier par de indicadores que se intente graficar la relación entre actividad científica y desarrollo económico (PBI vs número de científicos; producción industrial vs publicaciones; consumo energético per cápita vs patentes, o cualquier otra combinación) se verá una estrecha relación entre ambas cosas: se hace más ciencia e innovación en los países más ricos.

Resulta esto tan evidente que la siguiente pregunta pudiese parecer tonta: ¿Es la intensidad de la actividad científica la causa del desarrollo económico; o es su consecuencia distal? Como se verá, la respuesta a esta pregunta no es evidente y sus consecuencias no son triviales.

Los países desarrollados invierten entre el 2 y el 2,5% de su Producto Bruto Interno en Investigación y Desarrollo. Ese porcentaje, contra un PBI de trillones, como el norteamericano, supone mucho, mucho dinero; que puede financiar mucha actividad científica. El efecto de la economía sobre la investigación es directo, casi lineal; pero el efecto de la investigación sobre la economía no guarda la misma relación de inmediatez y proporcionalidad.

Hay a nivel “macro” (de país) algunos datos publicados que sugieren que existen grandes diferencias entre países en la productividad del conocimiento. Por ejemplo, los indicadores de intensidad de la actividad científica en la segunda mitad del siglo xx en Inglaterra son superiores a los de Alemania y Japón. Los indicadores de crecimiento económico se comportan al revés. Sin embargo el tema no ha sido suficientemente estudiado a ese nivel, y mucho menos a nivel “micro”, por ramas de la economía y por empresa.



Aun aceptando que en los procesos sociales las relaciones “causales” son muy difíciles de establecer, intuimos que existen dos grandes categorías de actividad científica: una se coloca por delante del desarrollo económico y lo impulsa directamente; la otra se coloca por detrás y lo parasita, o al menos sus efectos sobre la economía se hacen tan indirectos y a largo plazo que se pierde la evidencia.

Tal distinción sería de gran importancia práctica, porque todos los razonamientos precedentes sobre la función del conocimiento en los sistemas económicos y su apropiación se aplican principalmente al primer tipo de actividad científica y de innovación. Pero carecemos de indicadores útiles para hacer esta clasificación. Ni el volumen de científicos, ni el gasto en I+D, ni la producción de publicaciones, resultan indicadores adecuados para diseccionar la actividad científica según su impacto económico, y mucho menos para predecir.

Quizás la cantidad de patentes en explotación (no las depositadas), la cantidad de científicos que trabajan en organizaciones industriales y la fracción del comercio exterior que corresponde a productos protegidos por patentes o producidos con tecnologías propias y recientes, sean mejores indicadores para estudiar, no solo la generación de conocimientos, sino dónde se generan, cómo se usan y cuánto rinden y asumir este balance como criterio de madurez del sistema científico-técnico.

Intentar descubrir y medir, no toda la actividad científica, sino aquella fracción que realmente impulsa la economía será sin duda muy difícil. Pero hay que intentar el análisis. No todo lo que se correlaciona con el PBI es causal de desarrollo. Por este camino de razonamiento se puede llegar al “absurdo del perfume”. También el consumo de cosméticos, como el consumo per cápita de energía, se asocia con el PBI, pero las implicaciones de estas asociaciones son obviamente muy distintas.

¿Qué fracción de nuestra ciencia es energía y cuál es solo perfume para la economía? Es de prever que este tipo de análisis tendrá enormes implicaciones prácticas. Queda esto pendiente para otro trabajo.

## Expropiar a los expropiadores

La conquista de la justicia social y la construcción del socialismo tienen un importante componente de batalla económica; y esta batalla se va a dar cada vez más en el contexto de una economía basada en el conocimiento y globalizada.

Las condiciones de producción y las relaciones de propiedad del conocimiento, y su impacto en las relaciones económicas internacionales estarán en el centro de cualquier estrategia, para cualquier país que emprenda este camino, y por supuesto, para el nuestro.

Desde cierta perspectiva se pueden ver como amenazas los procesos descritos en las secciones anteriores mediante los cuales se intenta la apropiación privada del conocimiento generado por la sociedad, y la concentración del capital se traduce también en concentración del conocimiento. Es cierto que son amenazas pero, también desde otra perspectiva, el desplazamiento al campo del conocimiento de las palancas principales de la productividad y la competitividad puede verse como una oportunidad. Veamos porqué:

- En primer lugar este proceso, como decíamos al principio de este artículo, más que la prolongación de una tendencia pasada, es una discontinuidad. Y las discontinuidades son siempre espacios para la creatividad y las estrategias innovadoras. Toda discontinuidad crea una oportunidad (para quien la sepa aprovechar, bien y rápido).
- En segundo lugar, porque los mecanismos de apropiación del conocimiento son relativamente nuevos en tiempo histórico, y sus bases jurídicas están insuficientemente sedimentadas, y mucho menos aceptadas. Las recientes batallas internacionales alrededor de las patentes de los medicamentos del sida así lo indican.
- Y en tercer lugar, porque las analogías que hemos descrito entre el conocimiento y otros recursos para la producción (recursos materiales, capital, fuerza de trabajo) son solo eso, analogías. No son identidades. El conocimiento, como recurso productivo tiene características que hacen mucho más difícil su apropiación y su concentración en pocas manos. El capitalismo lo intentará; pero a nosotros nos corresponde “impedirlo a tiempo”.

## ¿Qué habría que hacer?

Por supuesto que el autor no va a intentar (ni el lector aceptaría) la pretensión de diseñar estrategias desde una primera y elemental aproximación al tema; ni mucho menos formular recetas simplificadoras. Pero hay algunos contornos del camino a recorrer que ya comienzan a verse, y vale la pena anotar.

Habría dos grandes tareas simultáneas: denunciar la realidad y construir la alternativa. Lo primero sin lo segundo no sería lucha, sino lamento. Lo segundo sin lo primero puede chocar con enormes obstáculos.

Y no confundir el “blanco” de la denuncia. Lo que hay que denunciar no es el uso del conocimiento en la producción de bienes y servicios, ni las transacciones sobre intangibles, ni el crecimiento de las áreas de I+D en las industrias, ni el surgimiento de empresas que basan su gestión económica en la producción de conocimiento. Todo eso es consecuencia objetiva del desarrollo de las fuerzas productivas, y sea bienvenido.

El problema, como siempre desde hace tres mil años, está en la propiedad. Denunciar la apropiación del conocimiento, y poner al descubierto sus mecanismos, los más evidentes y los más sutiles, es la primera tarea.

El enfrentamiento a la apropiación, comienza por la creación de conciencia ética sobre la ilegitimidad de esa propiedad. Esa conciencia ética se transformará más temprano que tarde, en ordenamiento jurídico.

Esa batalla la perdimos, los países del Tercer Mundo, en la mesa de negociaciones del GATT. Hay que retomarla. Y todo comienza por construir consenso, a escala mundial, sobre la inmoralidad implícita en el uso del conocimiento para amplificar las desigualdades entre los seres humanos.

El juicio ético creará las bases para su expresión jurídica, y esta a su vez, legitimizará la presión política. La expropiación no ocurrirá sin cierta forma de presión, y estas nuevas formas de presión política, habrá que encontrarlas.

## Construir la alternativa

En esto hay camino recorrido en Cuba y experiencia social analizable. Comenzamos a recorrerlo, si fuésemos a fijar una fecha, aquel 15 de enero de 1960, cuando Fidel le dijo a un país que entonces tenía casi un 30% de analfabetos que “El futuro de Cuba tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia” (Castro, 1991).

Hay cuatro temas que surgen inmediatamente al revisar la experiencia de estos años:

1. La gente que crea el conocimiento.
2. La organización del “aparato productivo” del conocimiento.
3. La colaboración internacional.
4. La realización económica del conocimiento.

Lo primero es la gente. La producción de cualquier cosa, incluido el conocimiento, requiere muchos y buenos productores. El esfuerzo de formación de recursos humanos para la ciencia y la técnica realizado en los años sesenta y setenta (y continúa) puso al país en un indicador de más de 1,6 profesionales dedicados a I+D por cada mil habitantes, un indicador cercano al europeo y cuatro veces el promedio de América Latina (Simeon, 1997).

Y los científicos “profesionales” son solo un componente del sistema. A eso se suman los cientos de miles de trabajadores vinculados a masivos movimientos de innovación, como se evidencia en los Forum de Ciencia y Técnica, la Asociación Nacional de Innovadores y Racionalizadores (ANIR), las Brigadas Técnicas Juveniles (BTJ) y otros. Esto es muy importante. Es cierto que la cantidad no lo decide todo, y que hay importantes factores cualitativos; pero también es cierto que existe un “efecto de masa”. La buena innovación surge mejor si hay muchos innovadores.

Y aquí está una de nuestras ventajas competitivas; quizás la más importante. Los recursos humanos para la I+D no sobran en el mundo, más bien comienzan a escasear. Las políticas oficiales que han elaborado algunos países industrializados para fomentar la inmigración de científicos e ingenieros procedentes del Sur así lo indican.

Este tema demandaría un estudio en sí mismo, pero comienza a apreciarse como si la propia lógica capitalista de proletarización del

trabajo científico y alienación entre la creación científica y la propiedad de los resultados, y el empleo de la competencia y otros mecanismos de mercado para regular también la inversión en conocimientos, empezara ya a erosionar los sistemas de Ciencia e Innovación en los países capitalistas industrializados.

En cualquier caso, la existencia en Cuba de grandes cantidades de profesionales y técnicos, preparados, motivados, y comprometidos con el proyecto social del que son parte y consecuencia, es una poderosísima fuerza para la reversión de la tendencia mundial concentradora de la generación y uso del conocimiento.

Además está el hecho del tipo de científico y tecnólogo que debemos formar, dotado no solo de preparación técnica, sino sobre todo de cultura y conciencia social; motivado no solo por producir conocimiento, sino porque éste se use para crear equidad y no para ampliar injusticias. Es eso lo que explica la exitosa resistencia a las enormes presiones del “robo de cerebros”.

En segundo lugar está el diseño del aparato productivo del conocimiento. Me refiero a los colectivos e instituciones (intencionalmente sin apellido).

El acercamiento y desdibujamiento de fronteras entre lo que eran en los años sesenta los centros científicos presupuestados y las empresas del sistema productivo de la economía, es un proceso objetivo y, bien manejado, es conveniente. Es el reflejo en el plano organizacional de la integración del conocimiento como recurso protagónico en la producción de bienes y servicios.

Este acercamiento se ha ido produciendo en Cuba desde ambos extremos: por una parte la expansión y organización de los sistemas de Investigación-Desarrollo en las industrias, como es el caso del sistema del Ministerio de la Industria Básica (Lage, 2000), y por otra parte la creación de Centros de “Investigación-Producción” a partir de colectivos científicos como es el caso del Polo Científico de la Biotecnología (Borrego, 2001).

El esquema formado por centros científicos presupuestados, programa de “introducción de resultados” y empresas contratantes de proyectos

científicos, va quedando atrás. No desaparecerá, pues cada forma organizativa deja su aporte, e incluso se perfeccionará, pero ya no es suficiente, ni es el camino principal.

Científicos, tecnólogos, innovadores, organizaciones científicas, colectivos de I+D, son los protagonistas de la expropiación de los expropiadores, ahora en el campo del conocimiento.

En tercer lugar está el acceso a los flujos mundiales de creación y circulación de conocimientos y la conectividad (no electrónica) con la comunidad científica mundial. Ello requiere una gestión intensa e inteligente de la colaboración internacional. Excepto unos pocos (China, India, Brasil) la mayoría de los países del Tercer Mundo son (somos) países pequeños. La viabilidad de las naciones pequeñas en el mundo interconectado de hoy, ya no puede basarse en una autosuficiencia imposible (aunque solo sea por razones de tamaño), sino en la capacidad de insertarse en la compleja red de relaciones mundiales, en este caso para la generación de conocimiento, y especialmente en la capacidad de manejar creativamente la inevitable contradicción entre la profundidad de las conexiones mundiales y la preservación de los intereses nacionales.

Posiblemente no haya asunto más complejo en el tema que estamos tratando.

La colaboración científica internacional, tal como la manejan muchos organismos internacionales y países industrializados, aun quienes lo hacen con buenas intenciones, está asentada sobre bases equivocadas.

Presupone que los países “en desarrollo” están siguiendo el mismo camino de los países actualmente industrializados, solo que con cien años de diferencia en el tiempo, y que por tanto basta con preparar los cuadros y reproducir las formas organizativas.

Esto no es verdad. Los países del Sur no están siguiendo un camino de desarrollo tecnológico igual, pero desfasado, al de los países del Norte; están siguiendo un camino divergente, que conduce a otra parte. Veamos porqué:

- Cuando Europa y Norteamérica estaban construyendo sus embrionarios sistemas científicos tenían poco desarrollo, pero eran, sin embargo, siempre los líderes. No había ningún otro “primer mundo”

para mirar. La investigación científica era equivalente a innovación original, quedando muy poco espacio para la imitación, la búsqueda de reconocimiento externo o la sensibilidad a presiones externas.

- Al inicio del siglo xx la investigación científica no estaba tan directamente ligada a la producción y el comercio como lo está hoy.
- La ciencia moderna emergió en los países hoy industrializados en una atmósfera de libre intercambio y publicación de resultados. No había nada parecido al actual sistema de protección de propiedad intelectual.
- La investigación científica era en sus primeros tiempos, una tarea individual, que no demandaba tanto como ahora complejas instituciones, servicios de apoyo, recursos organizacionales, etcétera.

Así, cualquier esquema de colaboración internacional para el desarrollo científico-técnico que desconozca esas realidades está condenado al fracaso. Y eso es precisamente lo que sucede.

- Los programas de cooperación ofertan “becas”, cuando lo que se necesita son proyectos conjuntos.
- Los programas de cooperación insisten en el desarrollo de individuos, cuando el objetivo correcto sería el desarrollo de instituciones; o al menos de colectivos científicos.
- Los programas de cooperación se concentran frecuentemente en intercambios académicos, cuando el objetivo correcto sería poner juntos los componentes académicos y empresariales.

Y la lista puede ser mayor; pero baste para identificar que cualquier esfuerzo serio por revertir la tendencia concentradora de la actividad científica, pasa por una profunda revisión de la colaboración internacional Norte-Sur. Es evidente que esto no lo podemos hacer nosotros solos, y que requiere un esfuerzo negociador intenso; pero es muy importante.

Otra faceta no menos importante es la llamada cooperación Sur-Sur. Sobre esto se ha escrito mucho y no se pretende tratar aquí a fondo el tema. Se menciona solo para insistir que es algo de lo que no se puede prescindir (y muchos lo hacen). No habrá cooperación Norte-Sur eficiente si no hay al mismo tiempo, cooperación Sur-Sur.

La cooperación Norte-Sur no puede ser solo ayuda filantrópica; tiene que ser cada vez más negociación (dada la creciente relación entre la

ciencia y la economía), y si esto se hace por separado, se generará una especie de “dumping” de los activos de los países del Sur para esas negociaciones de colaboración científica.

La cooperación internacional puede ser, o bien el camino de la desconcentración del conocimiento y del desarrollo, o bien el camino de la dependencia y el robo de cerebros. Hay que trabajarla con intensidad, con prisa, pero sin ingenuidades.

## **El ciclo completo: recursos-conocimientos-recursos**

Por último está el tema de la realización económica del conocimiento. Es el último, pero es el que completa y valida todo lo anterior. Si el conocimiento ha de ser un recurso de la economía, debe tener como los otros recursos, un ciclo cerrado que se completa cuando el conocimiento es “realizado” en transacciones económicas y genera nuevos recursos, para su reproducción ampliada y para beneficio de toda la sociedad.

Así, cualquier análisis de cómo el conocimiento se genera, y de cómo generar más, por muy exhaustivo y profundo que sea, es solo la mitad del problema. La otra mitad es cómo ese conocimiento es atrapado e incorporado en activos negociables. Y en países pequeños como el nuestro esto significa principalmente conocimiento realizable en negociaciones internacionales.

La concentración y apropiación del conocimiento es algo que está ocurriendo a escala global, internacional. La lucha por expropiar a los expropiadores también debe ser en ese plano. No se trata de desconocer la necesidad de ordenar las transacciones entre Centros Científicos cubanos y empresas cubanas; pero esto es procedimiento y no objetivo: el objetivo verdadero es capacitar a la industria cubana para su competitividad internacional.

El Che explicaba ya en 1962: “Nosotros partimos de la base de que en todos los ministerios productivos, en todo lo que es el sector socialista de la producción, el producto que pasa de una fábrica a otra, de una empresa a otra, incluso de un organismo a otro, no es una mercancía” (Borrego, 2001).

Además, los sectores de alta tecnología en la economía (y lo estamos viendo en la práctica con la Biotecnología) son sectores con un alto costo fijo



de Investigación-Desarrollo, que difícilmente es recuperable en el pequeño mercado doméstico. De manera que, aunque existan excepciones, hay una vinculación general entre alta tecnología y orientación exportadora.

Esta orientación exportadora debe ser crecientemente dirigida hacia los países industrializados, en busca de precios altos. Ese alto precio refleja los niveles económicos en esos países, contruidos con la plusvalía extraída del Sur y con el intercambio desigual; y accediendo a ellos comenzamos en cierta forma a revertir el proceso concentrador de la riqueza. Esto es especialmente así siempre que el conocimiento incorporado al valor provenga de nosotros; y no se trate de alta tecnología “por maquila”.

Uno de los problemas actuales de la globalización es que se reduce el componente nacional en las exportaciones de los países del Tercer Mundo. Esta tendencia será difícil de revertir con el componente material de las producciones; pero en productos y servicios con un alto contenido de conocimiento en la formación del precio, puede ser posible revertir esa tendencia.

El concepto de “ciclo completo” para el conocimiento nos lleva al análisis de cómo se incorpora el conocimiento a activos negociables. *La primera vía* es el conocimiento incorporado al producto mismo (y a su precio). Es lo que ocurre con las proteínas recombinantes y otros productos de la Biotecnología. Ello requiere Centros de Investigación-Producción-Comercialización que conduzcan el proceso sin fragmentaciones estériles en fronteras interinstitucionales. El enorme potencial de esta forma organizativa es una de las principales cosas que hemos aprendido en los años noventa.

Ello requiere también propiedad intelectual. Un instrumento que tarde o temprano entrará en crisis a escala mundial pero que por el momento es imprescindible emplear. Estamos ya operando con más de 500 patentes en el sector de la Biotecnología. Es “propiedad del conocimiento” pero en manos diferentes y con un significado social diferente. Su significado no puede disociarse del carácter social (estatal) de la propiedad de los Centros científicos que son los titulares de esas patentes. Preservar el carácter de propiedad social de las instituciones ha sido la directiva más importante en todas las negociaciones, pues ello le da un nuevo significado a toda su gestión económica.

Por otra parte la propia estructura, organización y experiencia de los Centros contienen y protegen conocimiento incorporado, independientemente de las patentes. No hay patentes cubriendo el sistema SUMA, ni los servicios de Restauración Neurológica del CIREN, pero la experiencia y el conocimiento tácito que contienen esas organizaciones hacen único y no-copiable el producto. Ello da valor agregado y debemos encontrar cada vez formas más eficientes de realizar ese valor en las transacciones comerciales con países industrializados. Es necesario además, sistematizar y estructurar el análisis de la experiencia adquirida en este tipo de organización, en nuestras condiciones concretas, e identificar las regularidades que sean extrapolables.

*La segunda vía* es la de complejas negociaciones sobre el conocimiento mismo, aún no incorporado a productos. Los ejemplos prácticos que han ocurrido en estos años son las licencias no-exclusivas de patentes; las negociaciones de transferencia de tecnología y los acuerdos de inversión a riesgo para desarrollo conjunto de productos. En todos esos casos, el activo negociable es principalmente conocimiento. En las negociaciones el conocimiento se convierte en valor.

Obviamente en muchos casos la mejor opción es incorporar el conocimiento a productos y obtener el máximo valor en la comercialización de productos. Pero sucede frecuentemente con el conocimiento lo mismo que con el petróleo: se tiene, pero hace falta inversión para “extraerlo”; o sea para convertirlo en algo directamente negociable. En el caso del petróleo esa inversión es la tecnología de perforación. En el caso de un producto biotecnológico esa inversión puede tener la forma de los recursos necesarios para completar ensayos clínicos, en Cuba y en el exterior, vencer las barreras técnicas-regulatorias, escalar la producción, etcétera. Y existen también, diferencias importantes. La primera es que los recursos minerales se conservan, mientras que el conocimiento se deprecia aceleradamente. La segunda es que el petróleo todo el mundo sabe lo que vale (hay incluso precios mundiales) mientras que el valor del conocimiento es aún dependiente de “percepciones”, estimación de riesgo y habilidad de negociación.

La primera diferencia (velocidad de depreciación) nos impulsa a apurarnos en el proceso negociador. La segunda diferencia (subjetividad

en la asignación de valor) nos indica negociar con mucho cuidado y sin apuros. ¿Qué hacer? Obviamente preparar muchos y buenos cuadros para conducir este proceso; y construir un marco de directivas negociadoras que lo ordenen y sirvan de instrumento de trabajo.

Además de estas características generales de las negociaciones sobre el valor del conocimiento, comenzamos a atisbar que hay fuentes especiales de valor para determinados productos que pudiéramos explotar mejor; como por ejemplo las dos siguientes:

- a. Cuando el producto o servicio termina aplicándose en el Sistema de Salud. La validación que da su aplicación masiva, a escala poblacional como se hace en Cuba, puede convertirse en un activo de mucho valor si logramos extraer y ordenar la información.
- b. Cuando el producto se relaciona con un recurso propio de nuestra biodiversidad, lo cual de inicio es un factor de diferenciación y ventaja competitiva. La Convención de Río de Janeiro en 1992 estableció que los recursos de la biodiversidad son propiedad soberana de las naciones. Fue una victoria política; pero será incompleta hasta que encontremos los medios prácticos de utilizar ese derecho. Ello nos obliga a revisar constantemente lo que hacemos en el campo del estudio de los genomas endémicos y de los productos naturales.

## Conclusiones

Las conclusiones son pocas. Las tareas sí son muchas. Evidentemente el tema de la transformación del conocimiento en recurso económico y sobre todo su realización comercial concreta es un tema muy complejo. La economía del conocimiento está naciendo y en nada que nace hay experiencia. Será necesario un largo camino de diversidad de estrategias; de ensayo y error.

La economía acelerada e intensiva en conocimiento de nuestra época requiere claramente más flexibilidad y menos estandarización, que la de la época de las producciones industriales de gran escala. Ello demandará a su vez un alto grado de descentralización de las decisiones operativas hacia las empresas de alta tecnología que vayan surgiendo.

Pero una vez más, y esta es quizás la idea principal en todo el artículo, no podemos confundir gestión y propiedad. Algunos en otras latitudes, tradujeron dinamización y descentralización como retirada del Estado de la economía y privatizaciones. No necesitamos teorizar: el experimento está hecho y se conocen sus desastrosos resultados.

Si se trata de aprovechar la oportunidad creada por la economía del conocimiento para defender una alternativa de desarrollo socioeconómico diferente a la globalización neoliberal, y en esa batalla estamos, no puede haber confusiones ni concesiones en el tema de la propiedad; y todas las alternativas que exploremos, variadas, flexibles, descentralizadas y todo eso, deberán estar al mismo tiempo cohesionadas por el propósito único de defender la propiedad social de los medios de producción (sean las fábricas o los conocimientos) y la distribución socialista de los resultados.

Será difícil y complejo, pero podemos hacerlo.

## Referencias

- BANCO MUNDIAL (1998) *World Development Report: Knowledge for Development*, Oxford University Press, Nueva York.
- BARTON, J. H. (2000) "Reforming the patent system" en *Science* N° 287, 1933-1934.
- BORREGO, O. (2001) *Che: El Camino del Fuego*, Imagen Contemporánea, La Habana.
- CASTRO, F. (1991) *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Editora Política, La Habana.
- CASTRO DIAZ-BALART, F. y PÉREZ, H. (2000) "Apuntes para una Agenda del Sur" en *Ciencia, Innovación y Desarrollo*, N° 5, 51-61.
- (2001) *Ciencia, Innovación y Futuro*, Instituto Cubano del Libro, La Habana.
- DIETERICH, H. F., FRANCO, R. y PETERS, A. (1998) *El Nuevo Proyecto Histórico*, Nuestro Tiempo, México.
- DRUCKER, P. F. (1994) *La Sociedad Post-Capitalista*, Norma, Bogotá.
- HELLER, M. A. y EISENBERG, R. S. (1998) "Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research" en *Science* N° 280, 698-701.
- KUHN, T. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago.
- LAGE, A. (2000) "Las Biotecnologías y la Nueva Economía: Crear y valorizar los bienes intangibles" en *Biotecnología Aplicada*, N° 17, 55-61.
- MANDEL, E. (1979) *El Capitalismo Tardío*, Era, México.
- MARX, C. (1973) *El Capital*, Instituto del Libro, La Habana.
- PAPÓN, P. y BARRÉ, R. (1996) "Los Sistemas de Ciencia y Tecnología: Panorama Mundial" en UNESCO *Informe Mundial sobre la Ciencia*, pp. 8-22, UNESCO, París.
- SIMEON, R. E. (1997) *Intervención en el Acto Central por el Día de la Ciencia Cubana*, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- SOBERÓN, F. (2000) *Finanzas Banca y Dirección*, Instituto Cubano del Libro, La Habana.
- TOFFLER, A. (1990) *Powershift*, Batam Press, Londres.
- VELÁZQUEZ, G. y BOULET, P. (1997) *Globalization and Access to Drugs: Implications of the WTO/TRIPS Agreement*, World Health Organization, Génova.

# **Universidad y desarrollo social basado en el conocimiento: nuevas estrategias desde lo local**

**JORGE NÚÑEZ JOVER**  
**LUIS F. MONTALVO ARRIETE**  
**ISARELIS PÉREZ ONES**

## **Introducción**

En el último lustro la educación superior cubana ha ampliado considerablemente las posibilidades de acceso de los estudiantes, hasta alcanzar niveles superiores al 50%. De este modo la universidad se vuelve más pertinente y contribuye a los objetivos de equidad y justicia social inherentes al proyecto social cubano. Para ello ha sido preciso transformar la base institucional de las universidades y se han creado 3.150 sedes universitarias desplegadas en los 169 municipios del país, donde se estudian 47 carreras. En ellas enseñan 95.000 docentes.

En este documento nos referimos a las 340 sedes universitarias municipales vinculadas al Ministerio de Educación Superior<sup>1</sup> y consideramos sus potencialidades para desarrollar gestión del conocimiento e innovación vinculada al desarrollo local.

Asumimos que la nueva institucionalidad de la educación superior ofrece oportunidades inéditas a las universidades para contribuir al

1. Las restantes sedes universitarias están subordinadas a los ministerios de Salud Pública (2.361), Educación (209) y el Instituto Nacional de Educación Física, Deporte y Recreación (240).

desarrollo social basado en el conocimiento. Los valores que presiden este esfuerzo no son los de la competitividad, la ganancia, el lucro, sino los de la solidaridad, compromiso social, entre otros. A partir de esos valores es posible pensar en otra epistemología menos centrada en el valor económico del conocimiento y más en su contribución social.

## La “nueva universidad” y la dimensión territorial

Como parte de un conjunto de transformaciones mayores, en Cuba ha surgido lo que se ha dado en llamar “nueva universidad”. Seguramente necesitado de mayores precisiones, este concepto alude a la etapa actual de la universalización de la educación superior cubana, expresada, entre otras cosas, en la creación de Sedes Universitarias Municipales (SUM), la localización de espacios de formación superior en los más diversos escenarios (hospitales, bateyes, prisiones, entre otros) y la posibilidad del acceso pleno a los estudios universitarios de todos los jóvenes, con notables implicaciones para los propósitos de justicia y equidad social que caracterizan nuestro proyecto social.

El concepto de “nueva universidad” debe considerarse una idea en proceso de construcción. En primer lugar porque al formar parte de las transformaciones revolucionarias en curso, sistemáticamente incorpora nuevas dimensiones. Sería prematuro atribuirle el carácter de paradigma constituido. Nos parece más bien una “idea fuerza” que acompaña las profundas transformaciones que están teniendo lugar en el sistema de educación superior. En segundo lugar porque aún dentro de los límites que hoy le atribuimos a la “nueva universidad”, quedan muchos aspectos por comprender y proyectar suficientemente, entre ellos la gestión del conocimiento en el contexto territorial.

La idea fuerza encarnada en la noción de “nueva universidad” está fuertemente asociada a la posibilidad de generar sólidos nexos entre las instituciones de educación superior y los territorios a los cuales ellas hoy alcanzan en mayor medida. La nueva etapa de la universalización dota a los territorios de instituciones universitarias antes inexistentes. Surge

así la “universidad del territorio” que aglutina una parte significativa de las personas más calificadas en cada región. Esas personas tienen conocimientos, tienen contactos con personas e instituciones que poseen conocimientos, tecnologías y conocen o pueden investigar y conocer los problemas de los territorios donde actúan. Adelantando un poco diremos que las personas y las instituciones, a través de redes formales e informales pueden tejer redes y propiciar flujos de conocimientos (Casas, 2003) que sirvan para atender los diversos problemas sociales, culturales, económicos de los territorios. Brevemente, la “nueva universidad” ofrece oportunidades inéditas de poner los conocimientos al servicio de la solución de los problemas territoriales, creando un nuevo actor colectivo, potencialmente volcado a la innovación, capaz de favorecer la creación de competencias para la asimilación/creación de tecnologías y saberes de significación social, siempre en vínculo con los restantes actores del territorio (políticos, administrativos, educativos).

Hasta hoy la participación de los Centros de Educación Superior del Ministerio de Educación Superior en los Programas Territoriales Científico-Técnicos es modesta. Solo el 17% del total de los proyectos asociados a estos programas tienen participación de centros de educación superior. Otros ministerios como el de la industria azucarera, la agricultura, la industria básica, la construcción, entre otros, tienen mayor participación.<sup>2</sup> Con la creación de las SUM, y dentro de esta concepción de gestión local del conocimiento, la contribución del MES a los Programas Territoriales debe multiplicarse.<sup>3</sup>

Las SUM, convertidas en escenarios clave de la “nueva universidad”, constituyen un eje local aglutinador de capital humano e innovativo del territorio, enlazado de diversos modos con agentes regionales,

2. Información presentada por la profesora Blanca Morejón en el “Taller Nacional sobre gestión del conocimiento en la Nueva Universidad”, 27 de junio al 1º de julio, Hotel Mirazul.
3. El Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica estructura sus investigaciones priorizadas a través de tres tipos de programas: nacionales, ramales y territoriales, de acuerdo con el tipo de prioridad de que se trate: nacional, propia de una rama del conocimiento o de un territorio. También están los proyectos no asociados a programas vinculados con intereses de instituciones.



provinciales y nacionales que pueden construir redes que canalicen los conocimientos, las tecnologías, que permitan atender las necesidades sociales de los territorios. Las SUM constituyen la innovación institucional que abre nuevas posibilidades de contar con instituciones dinamizadoras de la gestión del conocimiento, la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) en los territorios.

De modo que, en resumen, tenemos una nueva institucionalidad de la educación superior que puede asumir en mayor medida la problemática territorial y la función que se atribuye a la universidad en el territorio es plural, no reductible a la formación profesional dentro de ciertos perfiles. Es este el contexto donde se plantea el asunto conceptual que nos interesa tratar aquí. Intentaremos argumentar que la “nueva universidad” puede beneficiarse de un enfoque integrado de la gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación que multiplique sus oportunidades de favorecer los procesos de apropiación social del conocimiento que el desarrollo social, integral, sostenible, reclama. Las SUM pueden ser decisivas en el proceso de apropiación social del conocimiento.

Una manera de expresar el papel que las SUM pueden jugar en los territorios, es subrayar su papel protagónico en el proceso de apropiación social del conocimiento. Entendemos por tal apropiación: a) el proceso mediante el cual, la gente, el pueblo, accede a los beneficios del conocimiento, con frecuencia encarnado en bienes y servicios de gran interés social. Para ello es imprescindible que las trayectorias técnicas, científicas, los procesos de producción/asimilación de conocimientos, estén orientados básicamente a atender necesidades sociales; b) al proceso mediante el cual la gente participa de actividades de producción, transferencia, evaluación, adaptación, aplicación de conocimientos; c) la extensión de una cultura científica, tecnológica y humanista entendida como la capacidad social de usar los conocimientos en la toma de decisiones personales y sociales. Tal proceso de apropiación convierte al conocimiento en socialmente relevante, contribuyendo al alcance de metas sociales deseables: justicia y equidad social, educación continua, mejoría de los servicios de salud, de los servicios socioculturales, aumento de la producción de alimentos, cuidado del medio ambiente, entre otras muchas.

Es posible imaginar que la educación y el conocimiento pueden ser fuente de autoestima en las personas, pueden contribuir al desarrollo de la personalidad y la felicidad de los seres humanos. Puede también ser recurso esencial para promover la auténtica democracia y niveles muy superiores de integración y participación social. La educación y el conocimiento pueden ser fuentes de cultura, justicia, equidad y solidaridad. El conocimiento puede, a través de muy diversas formas de apropiación, beneficiar a todo el tejido social y no solo al tejido empresarial, al aparato productivo.

## **Del modelo interactivo al modelo contexto-céntrico y los agentes locales del desarrollo científico y tecnológico**

El llamado “modelo ofertista” basado en el “modelo lineal de innovación”, según el cual las instituciones productoras de conocimiento, las universidades entre ellas, generan conocimiento a través de la investigación, el cual en su momento generará tecnologías e innovaciones, es un modelo superado en la teoría y en la práctica. Hacia la mitad del siglo xx, cuando ese modelo fue dominante, la ciencia básica, mucho más que la tecnología, constituía la preocupación básica de la política científica. Esa etapa quedó atrás. A las universidades se les exige hoy, además de las formas más clásicas de investigación una mayor y más directa participación en la generación de tecnologías y la innovación.

Esta realidad ha sido muy bien reflejada en la teoría del llamado “modo 2” de producción de conocimientos, en oposición al “modo 1” propio del mundo académico tradicional (Gibbons, 1994). El llamado “modo 2”, resultado del estudio de los cambios operados en la relación Ciencia-Sociedad en Estados Unidos, Europa, Japón, entre otros, apunta a algunas mutaciones fundamentales: el conocimiento pasa a ser producido en el “contexto de su aplicación”, esto es, a diferencia de lo que sugerían los modelos ofertistas tradicionales ahora el conocimiento, en su mayoría, se produce orientado a su aplicación. La innovación aparece como clave. El nuevo modelo rompe también con la idea del monopolio cognitivo por parte de unas u otras instituciones, por ejemplo las universidades, y asume

que el conocimiento está socialmente distribuido, factor que influye en la necesidad de trabajar en redes, no solo académicas. Desde este modelo es posible también apreciar la importancia del compromiso compartido, el papel de los valores y las intencionalidades sociales en la producción del conocimiento. La interdisciplinariedad aparece como el estilo de trabajo científico apropiado para trabajar en el contexto de aplicación. Como resultado de todo ello, los criterios de calidad del trabajo que tradicionalmente hemos llamado científico, también serán cambiados.

En ese tipo de modelo, el contexto aparece como relevante en la definición de prioridades, en la construcción de redes, por lo que de Souza (Souza *et al.*, 2001) ha introducido el concepto de “modelo contexto-céntrico”.<sup>4</sup> Con esta denominación se quiere subrayar que el contexto debe ser la clave en la construcción y orientación social del conocimiento. Pero se quiere decir algo más. La teoría del “modo 2”, como otras que se mencionan en este documento, tiene un fuerte acento económico, con énfasis claramente empresarial. Sin embargo, el contexto no son sólo las empresas y lo que se puede esperar del conocimiento, no son exclusivamente beneficios económicos. Esos beneficios, además deben alcanzar a las grandes mayorías. Por todo ello, la idea de modelo contexto-céntrico es afín al enfoque que aquí adoptamos.

A nuestro juicio, el modelo de investigación que intentó construir la universidad cubana desde los tiempos de la reforma universitaria de 1962, puede denominarse como un modelo “interactivo”, muy atento a las necesidades sociales (Núñez y Castro, 2005). A partir de la década de los ochenta, se realizó un esfuerzo especial por trabajar a “ciclo completo”, esto es, cerrar el ciclo que enlaza la investigación y la utilización de los resultados, procurando un mayor impacto económico. La creación en los noventa de las oficinas de transferencia de resultados de investigación,

4. Según el autor, “el principal atributo del modo emergente es la generación de conocimiento en el contexto de su aplicación e implicaciones, de lo que resultan sus otras características: esfuerzo transdisciplinario, inclusión de la participación de la diversidad de actores y organizaciones del contexto, conocimiento socialmente apropiado en el proceso de su generación, alto contenido ético derivado de su reflexividad y compromiso sociales y control social ampliado sobre la calidad del conocimiento generado y sobre la validez de sus impactos” (Souza *et al.*, 2001).

representó un esfuerzo por crear una interfaz capaz de relacionar más vigorosamente el conocimiento universitario con la sociedad, incluida la ampliación de la capacidad universitaria de captar recursos a partir de sus conocimientos. Con ello la universidad cubana ha participado de un modo singular en lo que Etzkowitz y Leydesdorff (1997) han denominado como “segunda revolución académica”, caracterizada por una mayor intervención de la universidad en los procesos económicos y sociales.

Dentro del modelo de “nueva universidad”, las SUM parecen prefigurarse como un actor que, dentro de un conjunto de actividades epistémicas, incluida la investigación, privilegie la transferencia de tecnologías y saberes, los evalúe, adapte y utilice eficientemente en función del desarrollo social. No está de más decir que esa actividad que se orienta a conectar conocimiento y necesidades sociales, es una labor altamente creativa que sólo pueden desarrollar personas con la debida formación como para actuar como agentes del desarrollo científico y tecnológico local. El desarrollo necesita mucho de ese tipo de actores. En estas líneas hay un mensaje que debe subrayarse: la “nueva universidad”, en su emplazamiento territorial, no debe proponerse reproducir a escala local lo que es propio de trabajo científico de la Sede Central. Las actividades epistémicas de las SUM, vinculadas a las capacidades acumuladas en las universidades mayores, deben derivarse de los problemas locales que requieren conocimientos, nuevos o existentes, disponibles o no. En otras palabras, la agenda de investigación de las SUM no puede ser la réplica de las agendas centrales. La misión epistémica preferente de las SUM, operando dentro de un modelo contexto-céntrico, residirá más bien en actuar como agentes locales, dinamizadores, capaces de identificar problemas y colaborar en la gestión del conocimiento que facilitará su solución.

## **El conocimiento necesario para el desarrollo sostenible**

La dimensión local es muy relevante para las estrategias de desarrollo social y tiene una muy alta significación para los procesos de construcción del conocimiento. A lo primero parece oponerse una visión

excesivamente centralista que subestima las estrategias locales, con sus singularidades, privilegiando políticas verticales y homogéneas. A la idea de la relevancia del contexto en la definición de las prácticas epistémicas parece oponerse la más tradicional idea de la universalidad de la ciencia. En realidad la idea de la relevancia del contexto, apunta en una dirección diferente: subraya que la producción, transferencia, difusión y aplicación de los conocimientos, las tecnologías, tienen siempre lugar en contextos particulares, con sus singularidades económicas, culturales, valorativas, y que esos contextos deben modelar sus prioridades y desarrollo. Las SUM pueden realizar una sensible contribución a incentivar la proyección local del conocimiento y la innovación, ampliando su capacidad de fomentar el bienestar humano en los territorios. Allí, al nivel del territorio, a través del aprovechamiento de los recursos propios y externos, debe producirse un encuentro mucho más íntimo entre estrategias de conocimiento, prioridades del desarrollo y bienestar humano resultante. Esta sería, por cierto, una buena manera de avanzar efectivamente hacia una “sociedad del conocimiento”, entendida aquí como una sociedad inteligente que busca solución a sus problemas a través del conocimiento socialmente distribuido. A nuestros efectos, quizás sea mejor hablar de desarrollo social basado en el conocimiento.

Observemos que hablamos de conocimiento y no de ciencia, investigación-desarrollo u otros términos. Seguramente las SUM pueden y deben hacer investigación con alguna pretensión de originalidad. Ellas pueden servir para identificar y buscar respuestas a problemas regionales y también relativos a la propia gestión de las SUM. El cuerpo docente de las SUM y los alumnos pueden aportar mucho a ese propósito. De ahí puede salir alguna tesis de grado o posgrado. Hay muchos problemas cotidianos cuya solución se puede beneficiar de las investigaciones, cuanto más orientadas a fines prácticos, mejor. Pero las acciones a realizar no se refieren exclusivamente a esto. La gestión del conocimiento consiste en gran medida en colaborar en la identificación de problemas locales que requieran del conocimiento para su solución y contribuir a identificar las organizaciones o personas que pueden aportarlo para luego construir los nexos, las redes y los flujos de conocimiento que permitan

la asimilación, evaluación, procesamiento y uso de esos conocimientos. Las SUM deben actuar como agentes relevantes en la construcción social del conocimiento y el establecimiento de las conexiones que permitan los flujos de conocimiento.

La producción de conocimiento en el nivel local plantea retos de gran interés. El primero es de naturaleza epistemológica. Con frecuencia los problemas a abordar son de carácter complejo y reclaman un abordaje multi o interdisciplinario. Problemas de alimentación, vivienda, salud, violencia familiar u otros en el nivel local, requieren la integración de varias disciplinas en la búsqueda de respuestas. En muchos casos las soluciones están en una combinación inteligente de los conocimientos existentes.

El segundo reto consiste en que el conocimiento que se requiere es un conocimiento integrado a la práctica; su búsqueda se genera para solucionar un problema práctico y va al encuentro de él. Buena parte del conocimiento necesario para resolver ese problema, existe y se trata más bien de transferirlo; al hacerlo, la singularidad de las circunstancias locales exigirá buenas dosis de creatividad. Sin embargo, parece claro que el aprendizaje por parte de los actores locales aparece en primer plano dentro de la actividad cognoscitiva que la práctica local reclama. Una pieza clave de esa estrategia lo constituirá el programa de educación continua de los profesionales del territorio. Y aquí tenemos un tercer desafío a destacar: el nexo entre innovación y aprendizaje. Esta consideración parece acrecentar el papel de las SUM en la estrategia de gestión del conocimiento y la innovación de los territorios.

La complejidad epistemológica asociada a lo que hemos llamado modo de producción “contexto-céntrico” de conocimiento la ha resumido Agustín Lage (2005) a través de la caracterización de lo que él llama “conocimiento relevante”, el cual tendría los siguientes rasgos: a) Colectivo (incorporado a las organizaciones); b) Combinatorio (fuentes y disciplinas diversas); c) Concreto (vinculado a las aplicaciones); d) Local; e) Tácito (frecuentemente no estructurado). En efecto, esta síntesis ilumina bastante bien el tipo de conocimiento que deberán gestionar las SUM para atender los problemas del territorio.

También ayuda a comprender la problemática epistemológica la tipología de Lundvall (2000 a). Los conocimientos útiles para el desarrollo han sido resumidos por él a través de unas pocas palabras: *know what*, (alude al manejo de información), *know how* (saber cómo, más bien de carácter tecnológico, a veces tácito), *know why* (se refiere al conocimiento científico, codificado, frecuentemente sistemático y el *know who*. Este último es decisivo para la función que las SUM deben desarrollar. Se trata del conocimiento que los individuos y las instituciones acumulan acerca de las personas que poseen conocimientos que pueden ser útiles en un momento dado, para la solución de un determinado problema. No solo es importante tener conocimientos científicos, técnicos para resolver con la propia capacidad un problema dado, es preciso “saber quién sabe” y acudir a esa fuente. Esa capacidad es esencial para el desarrollo.

A la interesante idea de Lundvall, sobre los tipos de conocimiento útiles para el desarrollo, habría que incorporarle un aspecto: no solo es importante el “saber cómo” que denominamos tecnológico, asociándolo a alguna base científica; convendría también aceptar el valor del conocimiento cotidiano, de la etnociencia, apoyado en tradiciones culturales que con frecuencia no son reconocidos en el campo científico, aunque no tienen por qué ser considerados anticientíficos. Las SUM pueden jugar un papel importante en la recuperación de esos saberes que son parte de la cultura.

## Integración y capital social

En relación con esa estrategia de gestión del conocimiento, hay que subrayar su carácter integrado. La integración de los actores, sus racionalidades y voluntades, aparece como condición de éxito en la gestión del conocimiento y la innovación al nivel local. Para ello existen hoy diversos mecanismos a los cuales se puede apelar, entre ellos la acción de los Consejos de Administración Municipales y el empleo de la tecnología de Dirección por Objetivos a ese nivel. Las teorías de la innovación insisten en la comunicación y cooperación entre actores, sobre la base de valores compartidos, como factor de éxito. Mecanismos y actores como el Fórum de Ciencia y Técnica, la Delegación Municipal del CITMA y de

otros ministerios, Consejo Técnico Asesor Municipal, las asociaciones, los centros de investigación del territorio, las empresas, cooperativas, instituciones de salud, entre otros, deberán integrarse para la gestión del conocimiento en el nivel local. Es obvio que en ese conjunto, el papel del gobierno local es fundamental. Lo que mencionamos antes sobre los valores compartidos es fundamental. Además del capital humano, los cubanos disponemos también de “capital social” (Wagle, 2002). Además de la competencia y profesionalidad de los actores, el desarrollo reclama intercambio, cooperación, solidaridad, colectivismo, confianza interpersonal, conciencia ciudadana; dimensiones éticas del desarrollo que pueden ser resumidas en el concepto de capital social. Es importante subrayar la importancia del capital social para el trabajo en redes, las interacciones, la comunicación que la gestión del conocimiento reclama.

Podríamos generalizar diciendo, metafóricamente, que en relación al conocimiento, la localidad aparece como un “disolvente universal”: disuelve las distancias entre disciplinas, entre actores y también entre procesos que a veces se conciben como independientes: superación, aprendizaje, investigación, innovación. Para el MES como organización ese punto es muy importante porque plantea la necesidad de un trabajo muy integrado de sus diferentes áreas de actuación (posgrado, investigación, etcétera).

## Política y gestión del conocimiento

La dimensión política es fundamental para la gestión del conocimiento. Ha ocurrido, sobre todo en aquellos contextos y personas donde ha dominado una racionalidad economicista y de corto plazo que con frecuencia la política científica, entendida como proyectos y estrategias científicas y tecnológicas de largo aliento, articuladas a estrategias sociales más amplias, es desplazada por la gestión, vista como una actividad a más corto plazo y con un enfoque más “micro”, que involucra empresas, universidades, etcétera, y se orienta a obtener un cierto resultado. En lugar de esto, parece conveniente restablecer la primacía de la política. Ella es la que puede realmente marcar el rumbo, los fines, mientras que la



gestión proporciona los medios que nos ayudan a alcanzar esos fines. Sin política, la gestión es ciega y no discute rumbos; sin gestión la política deviene retórica, ha dicho Albornoz (1997).

De modo que cuando hablamos de gestión del conocimiento, debemos entender que esa gestión se define dentro de una política social del conocimiento que no es otra cosa que una dimensión de la estrategia global de desarrollo de un territorio. Hablamos de política social del conocimiento a la construcción de estrategias deliberadas orientadas a la producción, difusión y aplicación de conocimiento, a fortalecer sus bases institucionales y la definición de agendas que proyectan objetivos y prioridades de amplio y favorable impacto social. La existencia de tal política es lo que hace posible un amplio proceso de apropiación social del conocimiento y dota al conocimiento de una amplia función social. Al restablecer la primacía de la política, asumimos que el Gobierno juega un papel fundamental en la política del conocimiento y a través de ella, en la gestión del conocimiento.

## **Redes, actores y sistemas regionales de innovación**

Todos los modelos contemporáneos de relación Universidad-Sociedad o Ciencia-Sociedad, insisten en la necesidad de trabajar en redes; la clave está en las “redes de actores”. Las SUM, como se dijo más arriba, requieren, para cumplir su misión, actuar dentro de redes. Es importante referirnos a los componentes de esas redes. Los actores involucrados son diversos: universidades, centros de investigación, administración local, empresarios, actores políticos, organizaciones profesionales y sociales, movimientos sociales del tipo del Fórum, representantes locales de los ministerios, entre otros. Cada uno de esos actores tiene diferente función dentro de la red, pero todos son importantes. A las palabras clave “actor” (“actor colectivo”, podría decirse) y “red”, hay que sumar con mucho destaque la de “interacciones”. Lo esencial no está en que tengamos diferentes actores sino en la calidad e intensidad de sus interacciones. Las redes locales (conectadas a las regionales, nacionales e internacionales)

les) constituyen sistemas de interacciones estructuradas que involucran actores relevantes para la producción y utilización del conocimiento. Si la actividad de nuestras SUM, de sus cuadros y profesores, pudiera realizar una contribución efectiva a la construcción de esas redes y a su funcionamiento de cara a las necesidades sociales, el aporte de las SUM sería extraordinario.

El énfasis en las redes, las interacciones, los actores, la innovación, como expresión fundamental de la calidad de esas interacciones es recogido en la llamada Teoría de los Sistemas Nacionales de Innovación (Lundvall, 2000 b), teoría que en sus formulaciones más recientes ha adoptado una perspectiva más flexible respecto a los niveles en los cuales operan los sistemas de innovación, lo que permite hablar de sistemas regionales o locales de innovación. Como elementos básicos de los sistemas de innovación la teoría reconoce dos: las organizaciones y las leyes y reglamentos que las relacionan. Esa perspectiva es muy útil para enfocar nuestras SUM, cuyo funcionamiento debe ser sistémico y su proyección, básicamente local. Sin embargo, esta teoría, como la de Triple hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1997), tienen como característica su marcado énfasis en las empresas como agentes de innovación y en la dimensión económica de la innovación, lo cual es importante pero se muestra parcial respecto al enfoque que aquí sugerimos. Cuando hablamos de conectar el conocimiento con las necesidades sociales, estamos entendiendo que se trata de las necesidades vinculadas al desarrollo social, integral, sostenible, que tiene en el escenario regional un locus fundamental. En otros términos, no se trata sólo del crecimiento económico y las actividades que tributen a él. Se refiere a todas aquellas necesidades cuya atención tienda a mejorar la calidad de vida del ciudadano o la ciudadana. Pueden ser necesidades educativas, de salud u otras. Es en esa perspectiva amplia de la función social del conocimiento en que debe apoyarse la gestión del conocimiento en las SUM. Es, sin embargo, relevante no olvidar que el concepto de pertinencia aplicado a la educación superior incorpora la atención a la problemática económica y productiva del territorio.

## Integración de las funciones universitarias y nuevos sentidos

La idea integrada de gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación para el desarrollo local, sugiere que las clásicas separaciones entre investigación, posgrado, extensión, devienen irrelevantes en el plan local. Muchos de los problemas sociales que el conocimiento deberá atender, no requerirán investigación científica en el plano tradicional. Muchos problemas podrán satisfacerse con la transferencia de conocimientos vía cursos de capacitación u otros. Como vimos, sobre todo la teoría de los Sistemas de innovación concede gran importancia al aprendizaje como factor clave de la innovación. Tampoco es relevante si los que se capacitan son universitarios o no y por tanto si se llama posgrado o extensión lo que la persona cursó. Se trata esencialmente, de gestionar conocimiento útil, relevante, para el desarrollo. Y a diferencia de otras acepciones que la gestión del conocimiento pueda tener en otros ambientes (por ejemplo, se habla de ella como la actividad que permite a la organización buscar, capturar, almacenar, categorizar, renovar información, de modo que una organización pueda estar alerta respecto a aquello que está haciendo mal o puede hacer mejor y asegurar así su viabilidad, éxito y en último término el liderazgo), en el actual contexto de las SUM bien podría entenderse de modo muy sucinto como la capacidad para identificar necesidades de conocimiento asociadas a problemas sociales y evaluarlas; buscar, producir, transferir, diseminar, aplicar conocimientos, tecnologías, que sirvan para atender esas necesidades sociales del más diverso carácter. Tal gestión incorporará, desde luego, las dimensiones de gestión de la información (para lo cual el programa de informatización es fundamental), de tecnologías y de recursos humanos que se le suelen atribuir (Rodríguez, A. 2005). En nuestro caso lo esencial no está en el éxito de la organización SUM sino el avance social del territorio.

Una experiencia pionera de desarrollo local basado en el conocimiento ha sido la del Municipio Yaguajay. Este municipio ocupa toda la parte norte de la provincia de Sancti Spiritus en la región central de país, la actividad económica del municipio es en lo fundamental agropecuaria y azucarera. A partir de 1994 comenzó a gestarse y ponerse en práctica un

conjunto de proyectos de desarrollo socioeconómico basados en la interacción entre las instituciones del territorio e instituciones de ciencia y técnica territoriales y nacionales. En la actualidad existen ocho proyectos que abarcan diferentes áreas del desarrollo socioeconómico del municipio entre las que se encuentran salud, turismo, servicios comunales, producción sostenible de proteína animal, informatización del territorio, que incluye un portal municipal, materiales de construcción y vivienda, diversificación de la industria azucarera y superación de directivos, además de 33 proyectos específicos, dentro del sector agropecuario.<sup>5</sup> A partir del año 2002 y como resultado de la experiencia de este grupo de proyectos se construyó la “Estrategia de Desarrollo Municipal” que tiene un Grupo Ejecutor bajo la dirección del Consejo de Administración Provincial lo cual significó transitar a una etapa superior (Lage, 2005).

Lage (2005), apoyado en la experiencia práctica del desarrollo local en el municipio de Yaguajay, ha resumido los aspectos que la gestión del conocimiento reclama a través de: a) identificación de los actores; b) construcción de redes; c) construir conectividad; d) estimular y organizar interacciones; e) crear en las empresas capacidad de asimilar conocimientos, tecnologías; f) armar “ciclos cerrados” a través de la dirección por proyectos; g) implementar la capacitación para toda la vida; h) seleccionar, capacitar y evaluar los cuadros; i) construir infraestructura (informatización entre otras exigencias); j) construir y evaluar indicadores.

De igual modo, la innovación puede ser entendida en sentido muy amplio, con muy diferentes niveles de radicalidad o novedad, abarcando productos y procesos. En cierto sentido aquí la idea de innovación sería asimilable a la de “solución de problemas”; solución práctica y efectiva, con los niveles de generalización que reclame.

Para la gestión del conocimiento en las SUM es muy importante que asumamos una perspectiva amplia de la tecnología, incluyendo no sólo tecnologías físicas (equipos, aparatos), sino también las llamadas

5. Un análisis detallado del vínculo entre gestión del conocimiento y desarrollo local aparece en: Lage Dávila (2005): “La Economía del Conocimiento y el Socialismo (II): reflexiones a partir del proyecto de desarrollo territorial en Yaguajay. Disponible en: <<http://www.cubasocialista.cu/TEXTOS/0172.htm>>

tecnologías sociales (metodologías, procedimientos, formas gerenciales, cambios en la organización productiva, social, etcétera). El desarrollo social, en particular dentro de un modelo socialista, requiere una muy cuidadosa selección de tales tecnologías, de modo que ellas sean capaces de movilizar la inteligencia y la solidaridad (Varsavsky, 1994).

## Los indicadores

Como se observó antes, el modelo contexto-céntrico de producción de conocimiento requiere criterios de evaluación diferentes a los que suelen utilizarse en la ciencia académica que se “mide” a través de publicaciones, tesis, etcétera.

Para evaluar el posgrado, la ciencia, se suele apelar a indicadores. De ellos ha habido varias generaciones, las que han pasado por los indicadores de insumo de la segunda posguerra, los indicadores de producto referidos básicamente a la oferta científico-tecnológica de los años sesenta y setenta y los indicadores de innovación, de moda en los noventa. También se utilizan hoy bastante, aunque con muchas limitaciones, los indicadores de cultura científica, percepción pública y participación ciudadana (Núñez, 2003). En general persiste la percepción de que los indicadores sólo reflejan aspectos parciales de la ciencia y que ellos son especialmente inadecuados para los países subdesarrollados.<sup>6</sup> Herrera (1994) observaba que los indicadores pueden llegar a constituirse en una trampa para los científicos y las personas dedicadas a la administración de la ciencia en nuestros países, pues con frecuencia se refieren a aspectos superficiales y los llevan a un seguidismo imitativo de los países industrializados (pp. 231-232). Con mucha agudeza Varsavsky observó que disponemos de una “teoría de la verdad”, pero no disponemos de una “teoría de la importancia”, lo que impide tener criterios claros para tomar decisiones sobre lo que debe ser medido.

6. En particular, con respecto a los indicadores cuantitativos Varsavsky (1972) decía: “la utilización exclusiva de índices cuantificables (...) es ya mala en economía, peor en sociología y suicida en metaciencia” (p. 27).

En particular, y eso es grave, no existen indicadores estandarizados para apreciar el impacto de la ciencia y la tecnología, aunque está abierta la discusión sobre ellos. En ese debate se refleja el interés por estimar adecuadamente la relevancia social del conocimiento, la ciencia y la tecnología. Un nuevo tipo de indicadores, llamémosle sociales, serían los adecuados para valorar la apropiación social del conocimiento y conocer en qué medida el conocimiento contribuye a alcanzar metas sociales deseables, mejorar los sistemas de salud, proteger el medio ambiente, producir alimentos baratos de calidad, perfeccionar los servicios educativos y culturales, entre otros.

Los indicadores cumplen dos tipos de funciones. La función descriptiva se orienta a producir información sobre el estado del sistema (por ejemplo, cuántos investigadores existen, número de centros de investigación) y la función valorativa, que juzga ese estado, según un horizonte deseable. De hecho, una agenda de indicadores sugiere una agenda de relevancia. El indicador identifica lo que es importante y desencadena las actuaciones que intentarán alcanzarlo. En el caso de los indicadores sociales, el horizonte lo definirían las metas sociales deseables y deberían permitirnos saber si marchamos efectivamente hacia ellas. Es posible que los indicadores de desarrollo humano, en sus diferentes modalidades y ajustándolos mucho a los contextos particulares, puedan servir de guía para identificar las metas sociales (CIEM/PNUD, 2003).

Los indicadores sociales vinculados a la gestión del conocimiento y la innovación deben incorporarse desde la fase de planeación, incorporándolos en el conjunto de la planeación estratégica de las localidades.

Lo que puede afirmarse con carácter provisional es que el tema de los indicadores para la gestión del conocimiento y la innovación en las SUM reclamará mucha atención y creatividad porque se trata de un campo casi virgen donde todo está por hacer.

## Consideraciones finales

La “nueva universidad” plantea oportunidades inéditas para la proyección de las universidades en los espacios locales. En este documento hemos argumentado que el desarrollo social sostenible en las regiones debe beneficiarse de la gestión del conocimiento que puede hacer las SUM, en alianza con las sedes centrales de las universidades, centros de investigación, empresas, gobiernos, organizaciones sociales, representaciones regionales de los ministerios, etcétera, a través de la construcción de redes que favorezcan los flujos de conocimiento que permitan atender las necesidades sociales. Sugerimos que las SUM, operando dentro de un modelo contexto-céntrico, pueden contribuir notablemente a la apropiación social del conocimiento y por esta vía al bienestar humano local.

En este documento hemos explorado los enfoques y lenguajes que parecen más pertinentes para este propósito. Importa comprender que este nuevo emprendimiento da continuidad y a la vez se diferencia del modelo interactivo de investigación y posgrado ya habitual en nuestras universidades.

La novedad asociada al proyecto de las SUM orientadas a la gestión del conocimiento, exige marcos teóricos renovados, capacitación de los actores involucrados y estudios de caso que permitan evaluar las experiencias que se vayan cosechando.

## Referencias

- ALBORNOZ, M. (1997): “La política científica y tecnológica en América Latina frente al desafío del pensamiento único”, REDES, Vol. 4, N° 10, octubre, Buenos Aires.
- CASAS, R. (coord.) (2003) *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva desde México*, Anthropos, Barcelona.
- CASTRO, F. (2003) “La universidad en los nuevos contextos de innovación: experiencias europeas y estadounidense”. Tesis de Maestría en la Universidad de Roskilde, Dinamarca.
- CIEM/PNUD (2003) *Investigación sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo Humano en Cuba*, ENPSES, La Habana.
- DAGNINO, R., THOMAS, H. y GOMES E., (2003) “Los fenómenos de transferencia y transducción de conceptos como elementos para una renovación explicativa-normativa de las políticas de innovación en América Latina” en *Innovación tecnológica, universidad y empresa*, DEI/ALTEC, editado por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid.
- ETZKOWITZ, H. y LEYDESDORFF, L. (1997), *University and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, Pinter Publishers, Londres.
- GIBBONS, M. (2000 a), “Mode 2 society and the emergence of context-sensitive science” en *Science and Public Policy*, Vol. 27, junio: 159-163, Beech Tree Publishing.
- LIMOGES, C., NOWOTNY, H., SCHARTZMAN, S., y TROW, M. (1994) *The new production of knowledge. The dynamics of science and research contemporary societies*, Sage, Londres.
- HERRERA, A. et al. (1994) *Las nuevas tecnologías y el futuro de América Latina. Riesgo y oportunidad*, Siglo Veintiuno, México.
- LAGE, A. (2005) “Intervención en el Taller Nacional sobre Gestión del Conocimiento en la nueva universidad”, 27 de junio al 1° de julio.
- LUNDVALL, B-A. (2000 a) “Understanding the role of education in the learning economy” en OECD (ed.) *Knowledge management in the learning society*, París, OECD.



- LUNDVALL, B-A. (2000 b), “Los Sistemas Nacionales de Innovación: relaciones y aprendizaje” en *Los Sistemas de Ciencia e Innovación Tecnológica*, editado por el Ministerio de la Industria Básica (Cuba), La Habana.
- MOREJÓN, B. (2005) “Intervención en el Taller Nacional sobre Gestión del Conocimiento en la Nueva Universidad”, 27 de junio al 1º de julio.
- NOWOTNY, H., SCOTT, P. y GIBBONS, M. (2001) *Re-Thinking Science: Knowledge and The Public in Age of Uncertainty*, Cambridge, Polity Press.
- NÚÑEZ, J. (2003) “Indicadores y Relevancia Social del Conocimiento”, ponencia al Primer taller de Indicadores de Percepción Pública, Cultura Científica y Participación Ciudadana, Salamanca, 27 y 28 de mayo, disponible en <www.rieyt.edu.ar>.
- y CASTRO, F. (2005) “Universidad, Innovación y Sociedad: Experiencias de la Universidad de La Habana”, ponencia presentada al XI Seminario de Gestión Tecnológica-ALTEC 2005.
- RODRÍGUEZ, A. (2005), “Intervención en el Taller Nacional sobre Gestión del Conocimiento en la nueva universidad”, 27 de junio al 1º de julio.
- RODRÍGUEZ, C. (1997), “Universidad de La Habana: investigación científica y período especial” en *Revista Cubana de Educación Superior*, Vol. XVII, N° 3: 13-16, CEPES, La Habana.
- SOUZA SILVA, J., CHEAZ, J. y CALDERÓN, J. (2001), “La cuestión institucional: de la vulnerabilidad a la sostenibilidad institucional en el contexto del cambio de época” en *Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional*, San José, Costa Rica, Proyecto ISNAR “Nuevo paradigma”.
- UNMILLENNIUMPROJECT (2005) *Innovation: Applying knowledge in development*, Task Force on Science, Technology, and Innovation.
- VARSAVSKY, O. (1994) *Ciencia, política y cientificismo*, Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.
- (1972) *Proyectos nacionales: planteo y estudio de viabilidad*, Buenos Aires, Periferia.
- WAGLE, U. (2002) “Volver a pensar la pobreza: definición y mediciones” en *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, marzo, N° 171, disponible en <www.campus-oei.org/salactsi>.

# **Ciencia, tecnología y sociedad en Cuba: construyendo una alternativa desde la propiedad social**

**JORGE NÚÑEZ JOVER**  
**FERNANDO CASTRO SÁNCHEZ**  
**ISARELIS PÉREZ ONES**  
**LUIS F. MONTALVO ARRIETE**

## **Introducción**

La experiencia cubana relacionada en ciencia y tecnología y su vínculo con el desarrollo social ha sido muy poco estudiada. Es, sin embargo, una experiencia interesante, al menos en el contexto de América Latina y el Caribe. Es una experiencia que muestra avances y, desde luego, enormes desafíos. Su exploración puede ser valiosa, sobre todo, porque se despliega desde hipótesis económicas y políticas singulares.

Para la mayoría de los países del mundo, en particular aquellos que se denominan subdesarrollados o con cierto optimismo, en vías de desarrollo, la llamada “sociedad del conocimiento”, “economía del conocimiento” o cualquier otra denominación que se prefiera, plantea algunas oportunidades y enormes desafíos.

El orden tecnocientífico mundial no está diseñado para facilitar el acceso de los países subdesarrollados a los beneficios del conocimiento. En él, la competitividad, la ganancia y el lucro representan valores mucho más

importantes que la justicia, la equidad y la solidaridad. Esa realidad debe ser criticada y ante ella hay que levantar alternativas, teóricas y prácticas.

A la luz del problema de la conexión entre conocimiento y desarrollo social presentamos inicialmente un panorama de la evolución de la política científica y tecnológica en Cuba para luego ofrecer un panorama muy resumido de algunos rasgos que caracterizan el sistema tecnocientífico cubano.

En el último segmento consideraremos algunos ejemplos que ilustran el nexo Universidad, innovación y sociedad a la luz de la experiencia de la Universidad de La Habana.

## Conocimiento y desarrollo

Prácticamente todas las teorizaciones y recomendaciones prácticas elaboradas en los últimos años insisten en el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en los procesos de desarrollo.

Así, Arocena y Sutz (2005) insisten en la centralidad del conocimiento endógeno de alto nivel y el papel de los procesos de aprendizaje que permitan lo que ellos denominan el “desarrollo humano autosostenible” (p. 25) que ha de ser un “desarrollo desde los actores” (p. 26). La condición de país subdesarrollado la encuentran en la debilidad para mejorar sostenidamente sus condiciones socioeconómicas mediante el aprovechamiento eficiente de sus recursos humanos, y materiales, la producción y el uso del conocimiento y la expansión de capacidades para resolver problemas técnicos e institucionales. Esa capacidad resolutive la asocian con la innovación (p. 27). Este “repensar el desarrollo” los lleva a la conclusión de que el desarrollo de los países del Sur tendrá que seguir caminos propios, siguiendo metas también propias.

En el año 2001 el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) elaboró el Informe “Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano”, donde enfatiza el papel de la tecnología.

Más recientemente un grupo de trabajo vinculado al Proyecto Milenio elaboró el informe “Innovation: Applying knowledge in Development” (2005) donde desarrolla un detallado argumento a favor de la educación,

la ciencia, la tecnología y la innovación como condición para avanzar en los procesos de desarrollo.

Estos son apenas algunos de los muchos ejemplos que muestran la significación que se atribuye al conocimiento y la innovación para los países del Sur, en el contexto de la globalización.

Es obvio, sin embargo, que la tarea de avanzar en el desarrollo científico y tecnológico es cada día más compleja. Ello tiene que ver con las principales tendencias observables, entre ellas.

1. La enorme concentración de capacidad científica y tecnológica en un puñado de naciones desarrolladas. Prácticamente el 90% de la capacidad científica está en manos de esos países. Entre sus consecuencias, este proceso de extrema polarización trae consigo que las necesidades humanas básicas de la mayoría de la población del planeta, encuentre una muy escasa presencia en la agenda científica hegemónica.
2. Está en marcha un creciente proceso de apropiación privada del conocimiento que limita considerablemente el acceso por parte de las naciones en desarrollo. Este proceso de apropiación transcurre por diferentes vías, básicamente (Lage, s/f):
  - i. La protección de la propiedad intelectual, principalmente a través del sistema de patentes y con el impulso y control estricto por parte de la Organización Mundial de Comercio.
  - ii. El robo de cerebros, convertido en política oficial de los principales países industrializados y que representa una transferencia neta de recursos de las naciones del Sur a las del Norte.
  - iii. El papel protagónico de las empresas en el desarrollo científico y tecnológico, sobre todo de las grandes corporaciones transnacionales.
  - iv. La inflación exagerada del conjunto de regulaciones o barreras técnicas que se imponen a países y empresas, elevando considerablemente los costos fijos, lo que tiene entre sus efectos, sacar de la competencia a las organizaciones que no puedan asumir esos costos y también encarecer considerablemente los productos y hacerlos prohibitivos para numerosas personas. En el caso de los fármacos, esto es especialmente dañino.

Las circunstancias anteriores, entre otras, hacen muy difícil el avance hacia metas de desarrollo social apoyado en el conocimiento. Como se verá en la caracterización del desarrollo científico y tecnológico cubano, los avances, dentro del contexto latinoamericano, son apreciables, aunque los desafíos son mayores aún.

## La “política del conocimiento” y la política científica y tecnológica

En el año 1959 se desencadenó en Cuba un proceso de profundas transformaciones sociales cuyos objetivos socialistas se declararon oficialmente en 1961. Uno de los signos característicos del programa social inaugurado y uno de sus sentidos principales fue la implantación de lo que llamaremos una “política del conocimiento”. Esa política tiene un punto de partida fundamental en la Campaña de Alfabetización de 1961; continuó con la nacionalización de la enseñanza, el acceso gratuito a la educación, la realización de una amplia política de edición y distribución de libros. Los planes masivos de becas que permitieron a los estudiantes de cualquier sitio del país y procedencia social acceder a la enseñanza, el desarrollo de la educación para adultos, los programas de enseñanza para campesinos, en particular mujeres, fueron entre otras muchas, medidas adoptadas por los revolucionarios en el poder.

Al hablar de una “política del conocimiento” subrayamos que se ha tratado de una estrategia deliberada, sostenida e impulsada desde los más altos niveles de gobierno y orientada a la extensión, en la mayor medida posible, de los beneficios del conocimiento a todos los ciudadanos.

Componente esencial de la “política del conocimiento” relatada ha sido la política científica y tecnológica (PCT) que el país ha venido instrumentando.

El análisis de la PCT cubana, primero implícita y luego explícita, permite explorar cómo se han expresado en sus diferentes etapas, variadas percepciones sobre las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, así como los diferentes impactos sociales que en cada una de esas etapas se registran.

La PCT cubana ha atravesado a partir de 1959 por tres etapas principales. A la primera etapa pudiera denominarse de "promoción dirigida de la ciencia" (García Capote, 1966: 149), esto es, una política que se esfuerza por crear un sector de investigación desarrollo inexistente, lo que en Cuba se tradujo en un énfasis extraordinario en la creación de instituciones científicas y la preparación de los investigadores que debían trabajar en ellas. De acuerdo con esto, en los años sesenta se crearon muchos de los principales centros de investigación que el país tiene hoy, se creó una Universidad Politécnica, el Centro de Investigación Digital que construyó la primera computadora cubana en 1969, el Jardín Botánico Nacional, la Academia de Ciencias de Cuba y otras instituciones y grupos de trabajo. Se desplegó también desde entonces un marcado proceso de intercambio internacional a través de la participación de científicos extranjeros en Cuba y la formación de profesionales cubanos en el exterior.

Como se partió de antecedentes muy exigüos puede decirse que el avance en la promoción dirigida de la ciencia en los años sesenta significó un salto extraordinario en el desarrollo científico cubano. Ese salto fue posible, ante todo, por la voluntad política que lo movilizó. El nuevo poder revolucionario asumió que el desarrollo social dependería de la capacidad, la inteligencia y el talento que el país fuera capaz de crear. Al inicio de la década Fidel Castro definió el futuro del país como un futuro de hombres de ciencia, de hombres de pensamiento y poco después Ernesto Che Guevara, luego de asumir la dirección del Ministerio de Industria, funda en 1962 la revista *Nueva Industria Tecnológica* en cuyo primer editorial definió toda una estrategia tecnológica que pasaría primero por resolver problemas más o menos inmediatos de la producción y llegaría a generar tecnologías avanzadas basadas en las condiciones naturales y culturales del país. En el propio editorial el Che Guevara declara el objetivo de conectar la ciencia moderna con la industrialización avanzada (Borrego, 2001).

La inexistencia de una base científica nacional explica el énfasis puesto en la "promoción dirigida de la ciencia". Pero ya en la mitad de los setenta, comenzaron a acumularse evidencias de que el problema de la utilización práctica de los resultados científicos a fin de satisfacer los problemas de la producción y los servicios era un asunto de la mayor

complejidad. Esto dio lugar a cambios en la PCT implantándose lo que ha dado en llamarse el “modelo de dirección centralizada” (1977-1989) cuyo objetivo era completar el esfuerzo desde el lado del suministro con una estrategia deliberada para utilizar los resultados científico-técnicos, a lo que se dio en llamar “introducción de resultados”. Esto se pretendía lograr mediante un modelo muy centralizado que se apoyaba en la identificación de “problemas de investigación” que orientara la investigación hacia temas de la mayor prioridad y la utilización de resultados en las esferas de la producción y los servicios. Aunque se enfatizaba la utilización de resultados esta etapa descansaba en la misma concepción lineal que aprecia la investigación científica como elemento desencadenante de la relación entre la ciencia, la tecnología y la producción.

A los problemas de concepción se sumaba una circunstancia práctica muy relevante. Junto al énfasis de la ciencia y la expectativa de que ella debía incrementar su contribución al desarrollo, marchaba una política tecnológica implícita que se caracterizaba por las importaciones generalizadas de tecnologías, con mucha frecuencia de los países socialistas de Europa, moderadamente modernas, de baja eficiencia energética, agresividad ambiental, entre otras características. La tendencia a asimilar, más que a producir tecnologías tradicionales o apropiadas, la falta de sistematicidad en la evaluación social de las tecnologías y el desinterés frecuente por innovar del segmento empresarial de los agentes del cambio tecnológico, explican que el desarrollo científico y el potencial humano creado no se expresaran en los resultados prácticos esperados.

Esta situación justifica la percepción crítica que sobre el tema se fue conformando a lo largo de la década de los ochenta, discusión que se vio envuelta en un debate más amplio sobre la práctica de la transición socialista en Cuba y en particular sobre la eficiencia de la economía del país.

A esa percepción crítica se sumaron otros factores. La concepción de que el avance del socialismo a nivel mundial dependería en gran medida de su capacidad para desarrollar la ciencia y la tecnología como fuerzas productivas sociales, fue otro elemento importante. A él habría que agregar la necesidad de elevar la capacidad del país para enfrentar las agresiones biológicas de que estaba siendo objeto, prioridad expresada con gran énfasis desde inicios de los años ochenta, así como el esfuerzo

por continuar mejorando el sistema de salud cubano con la creación de avanzadas tecnologías en ese campo. Se pensó también en crear nuevos rubros de exportación aprovechando las potencialidades que ofrecía la revolución en el campo de las biotecnologías, proceso al que el país decidió incorporarse activamente.

Aunque incompleto, este cuadro de razones determina que desde mediados de los años ochenta el país introdujera cambios en su PCT. Entre los cambios más relevantes se encuentran el relanzamiento de la investigación científica universitaria, ahora con orientación más aplicada; la definición de prioridades nuevas para el desarrollo científico y tecnológico (biociencias, biotecnología, industria farmacéutica, equipos médicos de alta tecnología, entre otras); la creación de los polos científico-productivos, verdaderas redes de cooperación integrada donde la investigación, la creación de tecnologías, la producción y comercialización de productos, forman parte de un proceso continuo conducido por estrategias únicas; la potenciación del Foro de Ciencia y Técnica, singular experiencia cubana orientada a incrementar la participación ciudadana en el desarrollo tecnocientífico y sus aplicaciones. Esos cambios condujeron a la reformulación de la PCT, ahora volcada a la creación de un Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica.

## Perfil del desarrollo tecnocientífico cubano

Cuba es un país cuyo desarrollo científico, medido según los indicadores internacionales, lo sitúa en una posición favorable dentro de los países de América Latina y el Caribe (ALC). En algunas áreas, como la biotecnología y la industria médico farmacéutica, se inserta entre países que son reconocidas potencias científicas.

Realmente la posición de ALC en el contexto mundial es bien modesta. Ella apenas representa el 1,6% de la inversión mundial. Sus 128.000 investigadores apenas representan el 3% del total mundial y la inversión promedio por investigador (74.000 dólares) es menos de la mitad del valor correspondiente a los países industrializados. El promedio regional de inversión en I+D con relación al PBI es de 0,54%, lejano de otras regiones



y países que se mueven entre 1,5% y 3%. De los 7 millones de graduados universitarios de ALC entre 1990-2000, menos de 40.000 pertenecen a ciencias e ingeniería y alrededor de 20.000 a ciencias agropecuarias. Del millón de artículos referidos en el Science Citation Index (SCI) en el año 2000, solo el 2,7% del total corresponde a ALC. La situación en las patentes es bastante peor.

Menos del 20% de la población en las edades correspondientes accede a las universidades, mientras en los países industrializados accede el 50%. No menos de dos tercios de la capacidad científica y tecnológica de ALC corresponde a Brasil, Argentina y México.

Análisis recientes (Jaramillo, 2004) confirman:

1. La gran debilidad científica y tecnológica de ALC.
2. La brecha respecto a los países desarrollados es de tal magnitud que ALC está obligada a explorar estrategias diferentes a las que siguen los países industrializados que disponen de muchos más recursos.
3. Cualquier búsqueda debe pasar por consolidar las capacidades científicas y tecnológicas, fortalecer la educación superior, poner la ciencia y la tecnología al servicio del crecimiento con equidad.
4. La necesidad de aumentar la inversión pública y privada en C y T.

Más allá de la marginalidad de la ciencia latinoamericana que las estadísticas indican, los análisis empeoran cuando evaluamos el impacto social real de la ciencia latinoamericana. Para que la ciencia pueda ser apropiada socialmente es imprescindible que los intereses mayoritarios de las poblaciones estén muy bien representados en las redes de actores que definen las trayectorias tecnocientíficas y sus impactos. Lo menos importante es que la ciencia latinoamericana ocupe un modesto lugar en las estadísticas internacionales. Lo peor es que la ausencia generalizada de políticas sociales que orienten su desarrollo, su proceso de apropiación social no alcanza a numerosos sectores marginados de los beneficios que de ella pueda ocuparse en términos de salud, alimentación, educación, etcétera.

Es en ese contexto, en general modesto a juzgar por las estadísticas, que Cuba destaca favorablemente en algunos puntos. Según datos estadísticos de la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT 2004), por ejemplo, la inversión de Cuba en I+D como fracción del PBI es superior

a la media latinoamericana (0,65%). El número de investigadores equivalentes a jornada completa por mil personas económicamente activas (1,27) es de los más altos de la región y el número de doctores (PhD) es de 6.965. El país cuenta con una base institucional amplia de unas 218 entidades de ciencia y técnica, más del 80% en ciencias naturales, técnicas, biomédicas y agropecuarias.

Por ejemplo, el Informe Mundial de la Ciencia (UNESCO, 1998) reconoce el salto dado por Cuba en unas pocas décadas, destaca la organización de la ciencia que Cuba exhibe y se refiere a sus notables avances en biotecnología e industria farmacéutica, entre otras áreas de importancia. Esa imagen de avance la han reflejado diversas publicaciones especializadas, entre ellas *Nature* (Carr, 1999) y *Science* (Kaiser, 1998).

Repasemos específicamente algunas de las características del sistema científico cubano. El país cuenta con:

1. Educación terciaria de bastante buen nivel incluidas las ciencias y las ingenierías, así como avances en los niveles educativos precedentes que garantizan la promoción del talento que el avance de la ciencia necesita. El país viene colocando un énfasis especial en las ciencias informáticas. Además de Facultades de ese perfil en varias universidades, se abrió una universidad centrada en el mismo, que nace integrada a un parque tecnológico y por ello enlazando los objetivos de formación, investigación y producción.
2. La formación de pregrado —o grado como se llama en varios países— se continúa con un sistema nacional de posgrado capaz de formar investigadores, ofrecer educación permanente a sus graduados y de formar unos 400 doctores y 2.000 maestros en ciencias y especialistas por año. Ese sistema de posgrado se consolidó en los años noventa, en el contexto de la crisis económica más reciente, denominada Período Especial.
3. Esos procesos de formación descansan en una red de universidades que abarcan todo el territorio nacional, garantizando un acceso aproximadamente del 50% a la población entre 18 y 25 años a los estudios universitarios. El profesorado a dedicación completa tiene participación en actividades científicas orientadas a problemas de importancia local, regional, sectorial y nacional y ofrecen informa-

ción y asesoría en tópicos relevantes de economía, salud, educación, agricultura, sociedad, medio ambiente, entre otros. La investigación es parte de los currículos de formación de los estudiantes, muchos de ellos incorporados a los grupos de investigación. Desde la reforma universitaria de 1962 la investigación se convirtió en uno de los objetivos básicos de las universidades. Hoy las universidades cubanas tienen más de 100 centros de investigación y de estudios, algunos de calidad y magnitud considerable. Los Centros han creado posibilidades de investigación interdisciplinaria de buen nivel e impacto.

Desde la década de los noventa las universidades han ido creando estructuras de interfase para facilitar la innovación técnica y social, procurando así participar más activamente del Sistema Nacional de Innovación. Algunas de ellas avanzan hacia la creación de parques tecnológicos.

4. Las agendas de investigación en Cuba se construyen a partir de las necesidades de nuestro desarrollo social. Puede decirse que el país cuenta con la capacidad técnica básica para lidiar con los problemas más acuciantes del desarrollo (educación, salud, producción de alimentos, medio ambiente, entre otros). Los programas científicos nacionales, ramales y territoriales cubren en alguna medida las necesidades del desarrollo.
5. La educación en general y la preparación técnica de los trabajadores permiten una razonable capacidad de aprendizaje tecnológico de nuestras empresas. El acceso a la moderna tecnología es uno de los objetivos de la apertura regulada al capital extranjero que ha tenido lugar desde los años noventa. La capacidad de aprendizaje tecnológico se expresa, por ejemplo, en la asimilación/creación en el área de las tecnologías de la información y las comunicaciones, la industria del níquel, la industria electro-energética, el turismo, entre otras. Sin embargo, no está generalizada la interacción entre las entidades que realizan I+D y las de producción y servicios, lo que limita la innovación tecnológica. Se observan, entre otras, dificultades en la estabilidad y cuantía del financiamiento a las actividades de I+D, la obsolescencia del equipamiento científico y en algunas ramas la renovación generacional del personal de más alta calificación.

6. La capacidad técnica y la fortaleza institucional disponible permite la participación eficiente en redes internacionales y el aprovechamiento de la cooperación internacional (Norte-Sur y Sur-Sur) según criterios endógenos y de cara a los problemas más relevantes del desarrollo. La cooperación puede ilustrarse con el caso de la compañía chino-cubana Biotech Pharmaceutical creada en el año 2000 por el Centro Internacional de Ciencias de China y el Centro de Inmunología Molecular de Cuba, dedicado a la investigación, producción y venta de anticuerpos monoclonales usados para diagnosticar y curar el cáncer. Un producto estrella, logrado por Cuba, es el anticuerpo humanizado h-R3. La empresa cuenta con el mayor sistema de cultivo a escala industrial de células de mamíferos con capacidad de producción anual de 6-8 kg de anticuerpos monoclonales, capaces de satisfacer las necesidades de 10.000 pacientes.
7. Está implementado, y viene transformándose, un sistema de protección de la propiedad intelectual a través del cual el país puede aspirar a una justa recompensa por sus inversiones en ciencia y tecnología. Actualmente las instituciones biotecnológicas cubanas son propietarias de 700 patentes. Cuatro de estas patentes han sido galardonadas con las medallas de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
8. Entre sus diversos impactos, el conocimiento, la ciencia y la tecnología en Cuba están participando de las transformaciones económicas. Ya mencionamos su papel en el aprendizaje tecnológico en las organizaciones. Ello permite avanzar en el proceso de sustitución de importaciones previsto en la estrategia socioeconómica. Hay que sumar a esto una modesta pero creciente participación en la generación de exportaciones a través de productos de alto valor agregado, muchas veces nacidos en los laboratorios de investigación. En 2003 se produjo un incremento del 30% de las exportaciones de productos biotecnológicos y farmacéuticos y otros en los que la actividad científica y tecnológica tiene un papel significativo. Varias vacunas (por ejemplo contra la meningitis tipos B y C, la destinada a combatir la hepatitis B) son transferidas tecnológicamente a naciones del Tercer Mundo que no podrían pagarlas a las transnacionales. Cuba trabaja en vacunas contra el cólera y otras enfermedades consideradas por

los monopolios farmacéuticos de escaso valor comercial pero que son fundamentales para el perfil epidemiológico del Tercer Mundo. La tecnología del sistema ultramicroanalítico (SUMA) se exporta a más de 10 países y garantiza la vigilancia epidemiológica de numerosas poblaciones. Se estima que los productos biotecnológicos representan un potencial de cientos de millones de dólares de ingresos externos anuales. Los Centros de Biotecnología cubana han registrado ya 24 productos entre biofármacos y vacunas, 49 fármacos genéricos de avanzada, 5 productos para el tratamiento del sida, 15 nuevos equipos médicos y 24 sistemas diagnosticadores. Se trabaja hoy en sesenta proyectos. Existen acuerdos de transferencia de tecnología o negociaciones en curso con 14 países (India, China, Brasil, Egipto, Malasia, Irán, Rusia, Sudáfrica, Túnez, Argelia, Gran Bretaña, Bélgica, Venezuela, México) y están abiertas negociaciones comerciales con 10 países (Malasia, Holanda, España, Brasil, Venezuela, Viet Nam, México, Ucrania, Alemania y Estados Unidos). A través de la transferencia de tecnología Sur-Sur, Cuba ha ayudado a países como China, Malasia, India e Irán a crear sus propias fábricas de medicamentos. Hoy el país es el mayor exportador de medicinas de América Latina y más de cincuenta países adquieren sus productos (Starr, 2004). Por ejemplo, el convenio de intercambio comercial firmado en agosto del 2004 entre Cuba y Argentina por 200 millones de dólares incluye la compra a Cuba de vacunas (meningitis, hepatitis, tétanos, difteria, fiebre tifoidea, etcétera), medicamentos genéricos y equipamientos médicos.

En el contexto de la iniciativa de la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA) promovida por los gobiernos de Venezuela y Cuba, la oferta de servicios científico-técnicos que ofrece Cuba ha cobrado mayor importancia e impacto. Entre esos servicios está la cooperación médica en el exterior, los servicios asociados a la introducción de un sistema de salud pública en Venezuela (instalación y manejo de equipos de alta tecnología, etcétera) y la realización masiva de operaciones para restituir la capacidad visual de las personas, denominada “Operación Milagro” que ya beneficia a más de 210.000 pacientes de 25 países de América Latina y el Caribe desde su inicio (Morejón,

2006). Por esta vía la capacidad científica y tecnológica creada por Cuba en el área de la salud durante décadas, amplía sus beneficios a otros pueblos y aumenta las posibilidades económicas de Cuba.

9. El desarrollo de la industria biotecnológica cubana ha permitido la constitución de un nuevo sector de la economía que puede denominarse de “economía del conocimiento” que depende, sobre todo, de la capacidad de generar conocimientos, de agregarle valor y comercializarlo. La economía del conocimiento es un peligro para la gran mayoría de los países por la enorme concentración de capacidad en ciencia, tecnología e innovación de los países industrializados. Pero es también una oportunidad para aquellos que logren movilizar los recursos humanos, la capacidad institucional, la creatividad, la flexibilidad y motivación que semejante empeño reclama. Ese nuevo sector de la economía tiene notable impacto social interno en el país a través de su efecto en el sistema de salud y la producción agrícola (fabricación de semillas, etcétera), y abre posibilidades a la reinserción de Cuba en la economía globalizada.

Ese avance se ha conquistado al margen de varias recetas dictadas por la ortodoxia neoliberal: se basó en la conducción del Estado y ha sido ejecutada por empresas de propiedad estatal; las motivaciones morales, el compromiso social de los investigadores y la cooperación solidaria entre instituciones han sido fundamentales. La orientación exportadora ha sido compatible con su fuerte orientación a la satisfacción de las necesidades de los cubanos.

La gran capacidad creada por Cuba en el campo de la industria médico farmacéutica le permite contar con un Programa Nacional de Vacunación que protege a todos los niños, gratuitamente, contra trece frecuentes enfermedades infantiles.

Numerosos proyectos están hoy en marcha como las vacunas contra el cólera, la tuberculosis, una vacuna terapéutica cubana de factor de crecimiento epidérmico contra el cáncer de pulmón, diversas vacunas contra el cáncer, entre otras.

## Universidad, innovación y sociedad: construyendo un modelo interactivo universidad-innovación-sociedad. El caso de la Universidad de La Habana

La Universidad de La Habana (UH) fue fundada en 1728. Durante más de 200 años fue el único centro de educación superior y la principal institución científica y cultural de Cuba. Sin embargo es con la reforma universitaria de 1962 que la investigación científica y el posgrado se convirtió en parte de la misión de la universidad. La reforma fue parte de un proceso mucho más amplio, desencadenado luego de 1959 que antes denominamos como “política social del conocimiento”, que incluyó transformaciones educativas profundas y la creación de bases institucionales nuevas para la producción, apropiación, difusión y aplicación del conocimiento.

Con posterioridad a la reforma, en un período de poco más de diez años, surgieron decenas de centros de investigación, dentro y fuera de la universidad; se consolidó la investigación científica como una de las actividades fundamentales de los departamentos universitarios y componente esencial de los planes de estudio; se desarrollaron relaciones de cooperación con instituciones científicas extranjeras de primer nivel y se destinaron a la investigación miles de graduados universitarios en todas las ramas del conocimiento (Rodríguez, 1997).

Notable fue la contribución de las Escuelas de Verano respaldada por las Sociedades de Amistad con Cuba de Europa Occidental y Canadá. Esos esfuerzos permitieron canalizar la ayuda altruista de numerosos científicos interesados en colaborar con las nacientes instituciones científicas cubanas.<sup>1</sup>

1. Entre muchos, se puede seleccionar un ejemplo. El doctor Alexandro Gandini, químico de origen italiano, quien había realizado un doctorado en Inglaterra que culminó con el descubrimiento de la polimerización, pseudocatiónica, creó en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (fundado en 1965) un grupo de investigaciones en polímeros formado por varios profesores jóvenes de la Escuela de Química de la Universidad de La Habana que centró inicialmente sus actividades en compuestos furánicos, pensando en la abundancia de materia prima como el furfural proveniente del bagazo de la caña. Aquel grupo de investigadores se encuentra hoy en diferentes centros de investigación del país con

En la propia década de los sesenta comenzó la formación de doctores y maestros en ciencias, tanto en Cuba como en el extranjero. Hacia principios de la década de los setenta existía ya el germen de muchos de los colectivos de investigación actuales y había surgido una generación de jóvenes líderes científicos que han desempeñado después un papel importante en el desarrollo de la universidad. Grupos de larga ejecutoria, como el Centro de Estudios Demográficos, el Laboratorio de Investigaciones en Electrónica del Estado Sólido, el Centro de Investigaciones Marinas, el Laboratorio de Fisiología de la Caña de Azúcar, entre otros, surgieron en estos años (idem).

Hacia 1976, con la creación del Ministerio de Educación Superior, se adoptó la decisión de que sus Facultades de Tecnología, Pedagogía, Ciencias Médicas y Agropecuarias, así como las filiales universitarias en otras provincias y el Centro Nacional de Investigaciones Científicas se convirtieran en centros independientes. En su evolución posterior, la Universidad de La Habana se ha transformado en un gran complejo de 15 Facultades y 14 Centros de Investigación o Estudio en las ramas de Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias de la Educación, Ciencias Sociales y Económicas y Humanidades. Participan en la investigación científica más de 1.200 docentes e investigadores. La investigación científica ocupa un lugar importante dentro de los planes de estudio de los programas de pregrado y se articula a través de 69 programas de maestría y 20 programas doctorales. La UH gradúa cada año unos 600 maestros en ciencia y 100 doctores (Fuente: Dirección de Posgrado de la UH).

El esfuerzo universitario ha estado conectado en las transformaciones en las PCT nacional. En el período que va de 1959 a 1976, calificado desde el punto de vista de la PCT nacional como una etapa de “promoción dirigida” de la ciencia orientada a crear una base científica inexistente en el país (García Capote, 1996), el esfuerzo estuvo centrado en la creación acelerada de instituciones científicas y la formación de personas con alta calificación. Pero habría que notar, incluso desde aquellos momentos, que el modelo de investigación universitaria que se prefiguraba era distinto

resultados notables en aplicaciones de los polímeros a la electrónica, polímeros biodegradables, polímeros conductores, sin abandonar la línea de los furanos (Jacques Rieumont, comunicación pública, 27 de mayo de 2005).



a aquel que se ha dado en llamar modelo ofertista o “modelo de oferta lineal” (Dagnino, Thomas y Gomes, 2003: 59).

El modelo que se empezó a insinuar desde entonces era de carácter mucho más interactivo. La explicación puede estar en el “tejido de relaciones” (ibídem) dentro del cual se producía aquel esfuerzo de institucionalización. Todas las instituciones que surgieron entonces, como el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (1965), por citar un caso, fueron creadas desde sus inicios para atender las demandas sociales y dentro de la lógica del carácter orientado de las investigaciones a la solución de problemas nacionales, lo que determinó el predominio de la investigación aplicada y fundamental orientada, así como la investigación-acción (Rodríguez, 1997).

Entre los actores que las teorías examinadas antes reconocen como relevantes para la innovación, podría decirse que en Cuba, desde los años sesenta, el Estado y la incipiente comunidad de investigación fueron construyendo interacciones, así como compartiendo valores y objetivos que dotaron a la investigación científica universitaria de una clara voluntad de atención a las demandas sociales. Un nuevo impulso tomarían en los años ochenta.

Es posible considerar que desde la reforma universitaria de 1962 y hasta inicio de la década de los ochenta, la UH había alcanzado, en varias áreas del conocimiento, una cierta “capacidad pre-innovativa” (Castro, 2003) expresada en la existencia de algunos centenares de doctores, decenas de centros y grupos de investigación y una comunidad de valores y objetivos con los principales actores políticos del país que permitió en los ochenta nuevos planteamientos de política científica universitaria, tendentes a fortalecer el impacto social de las investigaciones y en particular la utilización de sus resultados en la producción de bienes y servicios.

## **Cambios en la PCT nacional y novedades en la agenda de investigación universitaria**

El bajo nivel de aplicación de los resultados científicos, la dispersión y falta de integralidad de muchos de los esfuerzos que se realizaron hasta entonces, fueron objeto de crítica en los años ochenta y con ello se intro-

dujeron algunas novedades en la PCT nacional. Entre ellos la creación de Programas Científicos-Técnicos Nacionales, Ramales y Territoriales, numerosos centros de investigación fueron adscritos a los ministerios que debían interesarse por sus resultados, se impulsó el movimiento social denominado Fórum de Ciencia y Técnica (CIEM/PNUD, 2004: 24-25), se crearon centros de investigación y/o producción (con facilidades para el escalado y la producción) y surgieron los Polos Científicos (redes de instituciones científicas, educacionales, de salud y productivas encargadas de impulsar programas de investigación nacionales, territoriales, etcétera). El más conocido y destacado de todos es el Polo Científico del oeste de La Habana, eje de la industria biotecnológica y médica farmacéutica cubana. Los polos en general, y éste en particular, encarnan bien el propósito de alentar la innovación a través de las interacciones, la integración y la cooperación alrededor de objetivos compartidos.

De modo que hacia los ochentas llegaron a la universidad nuevas señales del contexto, demandando mayor contribución social, en particular productiva, a la investigación universitaria. A partir de 1985 aumentó la vinculación de la UH con los principales programas nacionales de desarrollo, y en ese contexto fueron surgiendo nuevos centros de investigación, partiendo generalmente de grupos ya existentes, con el propósito de dotar a estos colectivos de mayor capacidad para aplicar sus resultados científicos. Aparece así un conjunto de centros de “nuevo tipo” vinculados directamente a programas nacionales de desarrollo industrial que reclamaban un importante respaldo científico-técnico. Estos centros se orientaron a “cerrar el ciclo” investigación-producción con una organización multidisciplinaria e incorporando capacidades productivas o mediante vínculos muy estrechos con la industria. Surgen entonces el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), el Centro de Biomateriales, el Centro de Antígenos Sintéticos, el Centro de Productos Naturales, el Centro de Bioquímica de las Proteínas y el Instituto de Farmacia y Alimentos. Todos ellos han contado con inversiones centrales significativas y atención diferenciada del Gobierno central.

Así, desde la mitad de los ochenta, la Universidad de La Habana orientó, más decididamente sus principales grupos de investigación a

operar dentro del “contexto de aplicación” (Gibbons, *et al.*, 1994) orientado a generar innovaciones.

El estilo de trabajo que se pidió a estos centros incorporó también el reclamo de un alto grado de consagración a las tareas científicas, concebidas como importantes para el país. Es común a todos esos centros su inmersión dentro de un tejido de relaciones que incorpora actores sociales diversos y plantea demandas más directas a la investigación, generando nuevas trayectorias sociotécnicas (vacunas, láseres, biomateriales, medicamentos, etcétera). Ahora en mayor medida que antes los campos de relevancia se definieron en el intercambio entre actores académicos y extrauniversitarios.

En la medida en que la crisis económica del país se profundizó, luego de la caída de la URSS, el propósito de aumentar el efecto práctico de las investigaciones se enlazó con la idea de obtener por esa vía recursos financieros para la universidad.

De los análisis surgieron diez direcciones principales de trabajo que definían nuevas agendas de investigación: medicamentos, diagnosticadores, biomateriales y equipos médicos, nuevos materiales, biotecnología y alimentos, medio ambiente, computación, estudios económicos, historia y cultura, sociedad y política, salud humana, estudios sobre la educación y la ciencia. En cada una de estas direcciones se precisaron líneas de investigación priorizadas con el propósito de utilizar más eficientemente los limitados recursos, concentrar la producción científica universitaria y elevar su impacto sobre los problemas más importantes para el país. Se establecieron también lineamientos para la captación de recursos materiales y financieros, basados, entre otros en la venta de servicios científicos-técnicos, *software* y pequeñas producciones especializadas de alto valor agregado, así como la transferencia de tecnologías. Quizás no sea exagerado decir que se generaba una especie de “segunda revolución académica”.

La dimensión comercial ha demandado de los grupos y centros de investigaciones el aprendizaje de asuntos en los cuales antes no habían incursionado: estudios de mercado, análisis de costos, evaluación de proyectos, gestión de la calidad, estrategias de comercialización, contratos, propiedad intelectual, licencias, publicidad, entre muchos otros. Ocurre así una transformación en la racionalidad y la cultura de varios

de los líderes científicos e investigadores. El trabajo multidisciplinario con economistas, juristas, especialistas en mercadotecnia, que trabajan en la propia Universidad, ha constituido un respaldo importante.

La aparición de una Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación, organizada a través de consultorías, surgida en la segunda mitad de los noventa, ha servido de interfaz para atender demandas sociales, incluidas las empresariales, y también para comercializar dentro y fuera del país las innovaciones que veremos más adelante.

## Las innovaciones y sus lecciones<sup>2</sup>

En este apartado mencionaremos algunos desarrollos tecnocientíficos de interés. El tisucryl, por ejemplo, es un producto creado en el Centro de Biomateriales de la UH, fundado en 1991. Desde los ochenta, en la Facultad de Química se trabajó en investigaciones y desarrollo de materiales de aplicación clínica de alta demanda nacional con precios muy altos en el mercado internacional. Los biomateriales son productos altamente cotizados en los países industrializados. El mercado mundial de tales productos superó en el 2001 los 120 mil millones de dólares.

El Centro de Biomateriales orienta su trabajo al desarrollo tecnológico y producción de biomateriales poliméricos y biocerámicos. El tisucryl es un adhesivo sintético para pegar tejidos y sellar heridas cutáneas y de la cavidad bucal de origen traumático o por operaciones, sin emplear sutura. Esta llamada “cola biológica” tiene como principales ventajas el ahorro de tiempo e hilo quirúrgico, no requiere curaciones, es más estética al minimizar el tamaño de las cicatrices, disminuye el riesgo de infecciones, es biodegradable y evita las inflamaciones y queloides. Es un producto avalado por las normas ISO 9002 y cuenta con registro médico en la Unión Europea. Algo semejante ocurre con el APAFILL-G que es un granulado sintético de hidroxapatina para restauraciones óseas en cirugía máxilo facial y estomatología.

2. Las informaciones fueron ofrecidas por los líderes de los colectivos de investigación: Rubén Alvarez, Francisco Coll y Carlos Rodríguez. Un artículo de este último (Rodríguez, 1997) sirvió de guía para comprender la evolución de la política científica universitaria.

El centro tiene unos seis productos terminados y nueve más en perspectiva. El trabajo que allí se realiza ejemplifica muy bien las bondades del esfuerzo coordinado, en red, multidisciplinario, donde las investigaciones de laboratorios, el escalado, la evaluación, la producción y comercialización son concebidos desde el inicio como elementos de un proceso único. Los biomateriales son un buen ejemplo de actividad tecnocientífica (Núñez, 1999; Echeverría, 2003) donde el trabajo interactivo entre los científicos, ingenieros y el personal de salud, caracteriza todo el proceso. El principal beneficiario de este esfuerzo es el sistema de salud pública cubana y los cubanos y cubanas que reciben sus beneficios gratuitamente.

El biobras-16 es un producto de alto valor agregado perteneciente a una familia de estimuladores del crecimiento vegetal obtenido por especialistas en síntesis orgánica de la Facultad de Química a partir de la modificación química de productos naturales. Biobras-16 aumenta entre un 10% y un 25% el rendimiento y mejora la calidad de la cosecha; favorece el desarrollo de las plantas en condiciones adversas tales como estrés salino, hídrico y térmico y puede sustituir, en diversos procesos a varias de las fitohormonas conocidas.

Aquí también el contexto de aplicación aparece como determinante de todo el proceso de producción de conocimientos. La evaluación de la calidad de estas investigaciones incorporan las clásicas fórmulas del *peer review* y numerosas tesis de maestría, doctorado y publicaciones han hecho posible el trabajo de síntesis de análogos de los brasinoesteroides. Pero la evaluación de estas investigaciones incorpora el registro fitosanitario, la optimización y escalado de la síntesis, el establecimiento de métodos de control de la calidad, diseño y puesta en funcionamiento de una capacidad productiva a pequeña escala y obtención de la licencia para producir. También incorpora el diseño de una estrategia para la aplicación del producto a la agricultura cubana y para su exportación, lo cual ha exigido estudios de mercado, registro de marcas y patentes, obtención de licencias para exportar, intercambios con empresarios, acuerdos con firmas comerciales, etcétera.

Los beneficios económicos obtenidos por la comercialización del biobras-16 han permitido la captación de recursos que han apoyado el

desarrollo de las investigaciones universitarias. Han demostrado también, que un modesto laboratorio basado en la propiedad social puede generar tecnologías competitivas en mercados abiertos a la competencia capitalista. El biobras-16 comienza también a utilizarse en la agricultura cubana.

La tecnología del láser se trabaja en el Instituto de Materiales y Reactivos de la UH hace veinte años. Jóvenes físicos recién graduados en la URSS comenzaron a explorar diferentes aplicaciones en las áreas de cirugía, oftalmología, corte y grabado de soldadura. A partir de 1996 retomaron el desarrollo de sistemas láser y fabricaron un equipo para la limpieza de obras de arte, registrado en la Unión Europea y vendido a varios países. A partir de 1999 comenzaron los trabajos para crear un esquema empresarial que permitiera adquirir los componentes en México y vender equipos en ese país. Como parte de un convenio con el Instituto Politécnico Nacional de Tampico se desarrolló una lanceta láser para la extracción de sangre que hace menos doloroso y más aséptico el proceso. Una vez registrado en Cuba, podrá utilizarse en nuestro sistema de salud. Se trabaja en proyectos para aplicaciones de láser a la remoción o limpieza de espinas de nopal (la planta de la tuna) y su fruto, ambos altamente consumidos en México. Las próximas aplicaciones se orientarán a la biotecnología, los biomateriales y la nanotecnología.

Lo que parece común a los ejemplos citados es lo siguiente:

1. Todas las innovaciones han sido posibles por la existencia de un acumulado “pre-innovativo”, expresado sobre todo en la formación de recursos humanos de alto nivel y procesos de institucionalización de la ciencia desarrollados durante varias décadas.
2. Todos estos grupos operan dentro de un ambiente de prioridad social con respaldo estatal. Sus objetivos, aunque sean económicos, no se orientan al lucro individual, sino al beneficio social e institucional.
3. El “contexto de aplicación” aparece conduciendo todo el proceso de producción social de conocimientos. Entre las preguntas de partida están: ¿ciencia para qué?, ¿ciencia para quién? ¿Cuál es la factibilidad económica? ¿Qué beneficios sociales producirá?
4. Las interacciones entre actores diversos y la incorporación de diferentes racionalidades (científicas, comerciales, sociales, etcétera) han moldeado las trayectorias tecnocientíficas. Los cambios examinados

no van en la dirección del “científico empresario”, porque el objetivo no es el lucro individual, pero sí el del científico que asimila una visión integrada del proceso de investigación, producción, comercialización, empleo social de los productos y acepta un concepto de evaluación de la calidad del trabajo científico que dista de ser tradicional.

5. Los actores fundamentales han sido la comunidad de investigadores universitarios (que también ejecutan tareas de docencia o de otros tipos) y el Estado, sobre la base de una comunidad de valores y objetivos compartidos.
6. La investigación, la innovación y el aprendizaje marchan juntos. Y ello en varios sentidos. En primer lugar porque la calidad de la educación científica terciaria y la educación de posgrado son las que han hecho posibles esas innovaciones. Y en segundo lugar porque la difusión de estos productos a la sociedad (por ejemplo las aplicaciones del biobras-16 en la cosecha de hortalizas) requiere del aprendizaje social por parte de los productores y los investigadores. Todos esos desarrollos innovativos se acompañan, como suele ocurrir, de aprendizajes que a su vez retroalimentan a las investigaciones y las innovaciones.
7. Este tipo de trabajo científico generado en el “contexto de aplicación” no ha traído consigo, como suele pensarse en algunos círculos académicos, ciencia de menor calidad.

## La innovación más radical: una vacuna para el mundo<sup>3</sup>

El más reciente y probablemente más brillante éxito de la ciencia de la UH ha sido la creación de una vacuna contra el *haemophilus influenzae* tipo b (Hib) a partir de un antígeno sintético.

El Hib es una bacteria que constituye la primera causa de enfermedades invasivas en el niño a nivel global, en niños por debajo de los cinco años. La vacunación contra el Hib comenzó en los setenta con

3. Agradecemos la detallada información suministrada por el Dr. Vicente Vérez Bencomo, líder del grupo que creó la vacuna, que sirvió de base para la elaboración de este apartado.

una vacuna que demostró ser efectiva a partir de los 18 meses de vida. Surgió luego una nueva generación de vacunas llamadas conjugadas, en las que el mismo polisacárido capsular se unía químicamente a través de un proceso llamado conjugación, a una proteína de origen bacteriano. A finales de los ochenta se concluyeron ensayos clínicos con vacunas conjugadas contra el Hib de diferente composición. Todas demostraron ser muy eficientes, altamente seguras y con pocos efectos adversos. Estas vacunas se utilizan con éxito en los países desarrollados. Pero a más de una década de la introducción de las vacunas conjugadas sólo unos 38.000 de las 2,2 millones estimados de casos anuales, son prevenidos por la vacunación: sólo el 2% de los niños del mundo con riesgo de contraer la enfermedad están protegidos. Los precios, limitan una mayor accesibilidad.

Desde los años ochenta científicos holandeses demostraron la posibilidad de obtener la vacuna por vía sintética. El reto estaba en transformar la posibilidad académica de obtener una pequeña cantidad de antígeno sintético en una tecnología capaz de producir el antígeno de millones de dosis de vacuna y que ese proceso pudiera competir con el ya establecido. Durante los noventa varias universidades y laboratorios de compañías productoras de vacunas lo intentaron, sin poder rebasar la fase de estudios clínicos en humanos.

En 1989 se inició en la UH el proyecto que perseguía la búsqueda de una alternativa a las vacunas conjugadas. Para ello se estableció una estrecha colaboración entre el laboratorio de antígenos sintéticos de la UH y el Centro Nacional de Biopreparados del Polo del oeste de la Capital. Más adelante se incorporó el Instituto Finlay del propio Polo y la Universidad de Ottawa, Canadá. Posteriormente se sumó el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, el Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri y la delegación del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Camaguey.

Poco a poco el procedimiento tecnológico pudo ser optimizado (las reacciones químicas se redujeron de 65 a 23), los ensayos clínicos dieron resultados favorables hasta aplicarse a niños, con excelentes resultados.

Como resultado de este esfuerzo de unos 15 años que contó con la cooperación de diversas instituciones y fue liderado por un pequeño laboratorio de la Universidad de La Habana, finalizaron los estudios que demostraban que



la vacuna QuimiHib desarrollada a partir de un antígeno totalmente sintético es muy segura y eficaz. El registro sanitario se realizó en Cuba en 2003.

La vacuna QuimiHib ha demostrado durante su empleo por casi dos años en Cuba y luego de la aplicación de 865.595 dosis en niños menores de 1 año de edad, su elevada seguridad y su efectividad para lograr la protección contra la meningoencefalitis por Hib, que constituye la forma más grave de infección por este patógeno.

Los resultados obtenidos corroboran la información obtenida en la etapa de estudios clínicos controlados en la etapa de registro sanitario, en relación con la seguridad y elevada inmunogenicidad de este producto, y confirman que la decisión de introducir esta vacuna en el Programa Nacional de Inmunizaciones ha permitido mantener los resultados alcanzados en el control de las infecciones por el Hib en Cuba, por lo que resulta satisfactoria desde el punto de vista de impacto en la salud pública y desde el punto de vista económico. Esta vacuna está en proceso de ser registrada en treinta países.

Este resultado ha sido acreedor de varios premios, entre ellos la Medalla de Oro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y el premio concedido por el Museo de la Técnica de San José (California) Estados Unidos, el cual premia cada año 25 investigaciones que benefician de manera notable a la humanidad. En el caso de este premio, al autor principal de la vacuna el doctor Vicente Vérez, Washington, en un intento por minimizar ante la opinión pública estadounidense el impacto de ese resultado le negó su entrada a Estados Unidos aplicando el artículo 212-f, que descalifica a las personas que son consideradas una amenaza para la seguridad nacional o sospechosas de terrorismo, argumentado que “su presencia es perjudicial para los intereses de ese país”.

Desde enero del pasado año, todos los lactantes de nuestro archipiélago son inmunizados con el producto nacional de manera gratuita contra el *haemophilus influenzae tipo b*, terrible organismo que provoca anualmente en el planeta la muerte de medio millón de pequeños de hasta cinco años de nacidos por meningitis, epiglotitis, otitis y neumonía.

Hoy en día se trabaja en la producción a gran escala de esta vacuna que por lo pronto ahorrará al país tres millones de dólares anuales que se empleaban para la importación de vacunas contra el Hib. El resultado fue publicado en la revista *Science* [305.522 (2004)] y el Task Force de ONU que

elaboró el documento “Innovation: Applying knowledge in development” (2005) lo reflejó extensamente.

## Reflexiones finales

El trabajo presentó un panorama de la evolución de la ciencia y la tecnología cubana y sus conexiones con la educación, la salud y el desarrollo social y económico del país, mostrando, de forma sintética, los rasgos más visibles de desarrollo tecnocientífico nacional.

La experiencia cubana, nos reveló cómo la reestructuración del modelo interactivo universidad-innovación-sociedad, se produjo de manera incremental, quedando marcada por elementos de carácter interno y externo que caracterizaron las distintas etapas del proceso.

En lo interno, el énfasis en la satisfacción de necesidades y demandas sociales, el desarrollo de un sistema de salud pública con cobertura a toda la población y a su vez, demandante cada vez más de nuevos productos y servicios, la superación temprana, masiva y continua del capital humano que, desde 1959, se lleva a cabo en el país y la potenciación de los desarrollos territoriales son, entre otros, los aspectos de mayor relevancia.

En lo externo, el modelo interactivo universidad-innovación-sociedad se nutre de la necesidad de elevar la calidad de los productos y servicios que permitan una inserción ventajosa en el mercado internacional, de la potenciación de los servicios de conocimiento intensivo o de alto valor agregado y de las formas organizativas capaces de reflejar la complejidad de los procesos innovativos.

En lo que concierne a los ejemplos considerados, la experiencia de la Universidad de La Habana, permite también extraer algunas conclusiones. Anotaremos algunas de ellas:

1. La investigación relevante para el desarrollo debe tener muy en cuenta el contexto de su aplicación. Ello no reduce el valor científico de la investigación. El contexto, la trama de relaciones en que se inserta la práctica científica, puede generar agendas de investigación y trayectorias tecnocientíficas que permitan nuevas exploraciones de la frontera

científica y tecnológica produciendo investigaciones relevantes en términos científicos y cuya aplicabilidad puede desbordar los límites del contexto que los generó. La vacuna contra el Hib lo muestra claramente. Es hora de superar las dicotomías entre básico/aplicado, ciencia/tecnología, evaluación académica/evaluación en razón del contexto, etcétera. Es tiempo de colocar la pertinencia social en el centro de nuestros valores.

2. La investigación relevante exige alto nivel académico, reclama educación científica de buen nivel, incluida la del posgrado. El aprendizaje es esencial.
3. El trabajo multidisciplinario, en redes, la cooperación, son imprescindibles.
4. Los sistemas de evaluación de la ciencia universitaria tienen que rebasar el exclusivo privilegio del *peer review* e incorporar criterios diversos, estimulando el trabajo orientado a la solución del problema social. Lamentablemente aún no contamos con indicadores que nos hablen de la significación y apropiación social del conocimiento. Posiblemente una de las tareas a acometer con la renovación de la gestión universitaria del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación, sea la elaboración de tales indicadores.
5. Sociedad es mucho más que mercado. La ciencia atiende exigencias comerciales, pero sobre todo, necesidades sociales. Las agendas de investigación también tienen que ser conducidas por el objetivo de promover la más amplia apropiación social del conocimiento, y sus beneficios, en procura de la equidad y justicia social.

Hace poco nuestra amiga, la profesora uruguaya Judith Sutz, propuso que “la gran transformación” que debe operarse en nuestras universidades en su vínculo con la innovación y la sociedad podría orientarse por el “concepto brújula” de “universidades de desarrollo” (en lugar del concepto de universidad empresarial). Nos parece un buen candidato. En efecto creemos que es preciso trabajar por universidades comprometidas con la innovación y esa innovación debe tributar el desarrollo social. El “modelo interactivo” que comenzó a construir la UH desde los sesenta a la par que acumulaba fuertes “capacidades pre-innovativas”, apunta en esa dirección.

## Referencias

- AROCENA, R. y SUTZ, J. (2005) *Para un nuevo desarrollo*, CECIB, Madrid.
- CASAS, R. (coord.) (2003) *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva desde México*, Anthropos, Barcelona.
- CARR, K. (1999) "Cuban biotechnology treads and lonely path" en *Nature*, Vol. 398, abril, (supp): A 22-3.
- CASTRO DÍAZ-BALART, F. (2004) "El papel de las nuevas tecnologías en el desarrollo económico nacional: la experiencia cubana" en *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, pp. 119-142.
- CIEM/PNUD (2004) *Investigación sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo Humano 2003*, ENPSES, La Habana.
- CITMA (2002) *Propuesta de temas priorizados de investigación científica y desarrollo tecnológico en los próximos años*, CITMA, La Habana.
- (2003) *Informe de Balance*, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- DAGNINO, R., THOMAS, H. y GOMES, E. (2003) "Los fenómenos de transferencia y transducción de conceptos como elementos para una renovación explicativa-normativa de las políticas de innovación en América Latina" en *Innovación tecnológica, universidad y empresa*, DEI/ALTEC, editado por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid.
- ECHEVERRÍA, J. (2003) *La Revolución Tecnocientífica*, Madrid, Fondo de Cultura Económica.
- FERNÁNDEZ, F. y CHASSAGNES, O. (2003) "Políticas de innovación en Cuba: una revisión de las políticas aplicadas en el desarrollo de la industria biotecnológica asociada a la salud" en *Revista CTS+I*, N° 6, mayo-agosto, disponible en: <<http://www.campus-oei/revistactsi/numero6/articulo07.htm>>.
- FREEMAN, Ch. (1988) "Japan: a new system of innovation" en *Technical Change and Economic Theory* (Dosi, G., ed.), Pinter Publishers, Londres, pp. 330-348.
- GARCÍA CAPOTE, E. (1996) "Surgimiento y evolución de la política de Ciencia y Tecnología en Cuba (1959-1995)" en GARCÍA CAPOTE y FALOH (eds.) *Seminario Taller Iberoamericano de Actualización en Gestión Tecnológica*, Gecyt, La Habana.

- GIBBONS, M. (2000 b) "Changing patterns of university-industry relations" en *Minerva*, Vol. 38, N° 3, Kluwer Academic Publishers, pp. 352-361.
- LIMOGES, C., NOWOTNY, H., SCHARTZMAN, S. y TROW, M. (1994) *The new production of knowledge. The dynamics of science and research contemporary societies*, Sage, Londres.
- GODIN, B. y GINGRAS, Y. (2000) "The place of university in the system of knowledge production" en *Research Policy*, Vol. 29, N° 2, Elsevier Science pp. 273-278.
- JARAMILLO, J. (2004) "Globalización, Ciencia y Tecnología en Iberoamerica" en *Temas de Iberoamerica*, OEI, disponible en <<http://www.campus.oei.org/salactsi/jaramillo.pdf>>.
- JUMA, C. y YEE-CHEONG, L. (2005) *Innovation: Applying knowledge in development*, Earthscan, Londres.
- KAISER, J. (1998) "Cuba's Billion-Dollar Biotech Gamble" en *Science*, noviembre, 282: 1626-8.
- KAISER, R. y PRANGE, H. (2004) "The reconfiguration of National Innovation Systems: the example of German biotechnology" en *Research Policy*, Vol. 33, N° 3, Elsevier Science, pp. 395-408.
- LAGE, A (2000) "Las biotecnologías y la nueva economía: crear y valorizar los bienes intangibles" en *Biotecnología Aplicada*, 2000, 17: 55-61
- LUNDVALL, B-A. (2000) "Los Sistemas Nacionales de Innovación: relaciones y aprendizaje" en *Los Sistemas de Ciencia e Innovación Tecnológica*, Ministerio de la Industria Básica de Cuba, La Habana.
- MOREJÓN, R. (2006) "La magia de la operación milagros", comentarios en Radio Habana. Cuba, 16 de febrero de 2006.
- NOWOTNY, H., SCOTT, P. y GIBBONS, M. (2001) *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in Age of Uncertainty*, Cambridge, Polity Press.
- NÚÑEZ, J. (1999) *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar*, Félix Varela, La Habana.
- PNUD (2001), *Poner el adelanto al servicio del desarrollo humano*, Mundi Prensa, México.
- RODRÍGUEZ, C. (1997) "Universidad de La Habana: Investigación científica y período especial" en *Revista Cubana de Educación Superior*, Vol. xvii, N° 3, Editada por CEPES, La Habana, pp. 13-16.

STARR, O. (2004) “The Cuban Biotech Revolution” disponible en <<http://www.wired.com>>

UN MILLENNIUM PROJECT (2005) *Innovation: Applying knowledge in development*, Task Force on Science, Technology, and Innovation.



# **La bioinformática en Cuba: presente y perspectivas**

**JUAN PEDRO FEBLES RODRÍGUEZ**

## **Introducción**

En la década de los años ochenta, Cuba comenzó la introducción y el desarrollo de las técnicas modernas de la biotecnología, justo en el momento en que este campo iniciaba su progreso en el mundo. Se crearon varios centros y se integró el Polo Científico del oeste de Ciudad de La Habana, que situó al país en una posición competitiva incluso con respecto a los países desarrollados (Febles y González, 2002).

Han transcurrido más de dos décadas desde aquel entonces, la biotecnología se ha establecido, y lo que inicialmente fue una esperanza es ahora una realidad científica, productiva y económica para Cuba y otros países, principalmente los desarrollados.

Los últimos veinte años del siglo pasado y el primer quinquenio del actual, han sido testigo de un desarrollo sin precedentes en la tecnología del análisis y manipulación de los sistemas biológicos. Paralelamente, se han modificado las concepciones para la investigación en este campo. Hace veinte años se trabajaba “linealmente”, se abordaban los problemas con la estrategia de A a B a C. Hoy estos enfoques han cambiado. Es posible abordar, con una eficiencia antes inimaginable, la identificación, el análisis, así como la determinación de la actividad biológica y la síntesis de las moléculas biológicas en el orden de los miles, y todo ello simultáneamente.



Se encuentra disponible también, la información completa de numerosos genomas, incluido el humano. Ahora, es imprescindible conocer también los genes y proteínas expresadas y los cambios que ocurren en estos genomas. Los 34.000 genes humanos –una cifra aproximada– pueden dar lugar a varios cientos de miles de proteínas gracias al evento conocido como “splicing” –corte de intrones– y a las modificaciones postraduccionales que pueden sufrir las proteínas (Dopazo y Valencia).

Disciplinas científicas en desarrollo desde finales del siglo xx y el desarrollo de la ciencia y las tecnologías informáticas, están propiciando cambios transcendentales en la sociedad. La bioquímica, la matemática y la física de los sistemas complejos, soportados por el desarrollo de la computación, contribuirán extraordinariamente al progreso económico y social de la humanidad.

Uno de los retos más importantes que afronta hoy la biología es, paradójicamente, la enorme cantidad de datos disponibles: se conoce la secuencia de más de un millón y medio de proteínas, la de más de cien genomas (y los que pronto se conocerán), la estructura tridimensional de más de 20.000 proteínas; gracias a los experimentos de matrices de ADN, también se sabe cuándo y cómo se expresan los genes y se dispone de muchos datos que indican qué proteínas interaccionan entre sí; y todo el conocimiento científico acumulado a lo largo de las últimas décadas se encuentra disperso en más de 12 millones de artículos. La tarea científica es lograr relacionar todos estos datos, extraer conocimiento de los mismos, comprender la biología de los organismos, ya sea el por qué una especie de bacterias es patógena o la propensión a enfermedades en seres humanos.

## Desarrollo

Las definiciones de bioinformática son ya comúnmente aceptadas por la comunidad científica internacional, aparecen en los textos y en las clases y conferencias de los profesionales más avezados en este campo. Puede ser aceptada como una definición general, por ejemplo, la siguiente:

“Bioinformática es la aplicación y desarrollo de la computación y las matemáticas para la administración, análisis y comprensión de datos con el fin de resolver cuestiones biológicas (con conexiones a las medi-, quimio-, neuro-, etcétera, informáticas.)” (Center for Research on Innovation and Competition (Harvey & Mc.Meekin, 2002) <<http://es.wikipedia.org/wiki/Bioinform%C3%A1tica>>).

Resulta también suficientemente clara, la definición de bioinformática que ofrece wikipedia, la cual es reproducida en otros artículos y comentarios sobre el tema y que expresa:

“Se entiende por bioinformática al uso de las matemáticas y de las técnicas informáticas para resolver problemas relacionados con los sistemas vivos, normalmente creando o usando programas informáticos, modelos matemáticos o ambos”.

No es extraño tampoco que los organizadores de talleres y otros eventos científicos de bioinformática, asuman definiciones ajustadas a sus propósitos concretos para evitar que el carácter multifacético de esta disciplina, disperse enfoques y esfuerzos. Así para el taller celebrado en Cuba, en septiembre de 2005, se adopta la siguiente definición operativa:

Se entiende por bioinformática a los efectos de este evento:

- la generación y manejo “masivo” de datos biológicos,
- el procesamiento de estos datos a alta velocidad,
- el enfoque de biología de sistemas, y
- la modelación y simulación in silico de sistemas biológicos.

En todo caso puede asegurarse que la bioinformática acude en auxilio de la biología cuando es necesario aplicar métodos computacionales para analizar este gran volumen de información. Su protagonismo está dado por dos razones principales: la primera es que la enorme cantidad de datos disponibles sólo puede ser analizada utilizando computadoras; la segunda es que los datos están tan alejados en la urdimbre que entretejen estas informaciones que sólo puede salir a la luz utilizando sofisticados algoritmos computacionales. Por ejemplo, cuando se secuencian un

genoma vemos poco más que una larga serie de letras (los nucleótidos). Para comprender la información que encierran estos libros de instrucciones debemos encontrar los genes y predecir su función. La tarea no es fácil: en el genoma humano tan sólo un 2% del contenido se corresponde con genes ¿cómo distinguirlo del resto? La bioinformática ha aportado algunas soluciones que son alternativas de gran valor al lento, difícil y costoso trabajo experimental.

Sin lugar a dudas, ha sido la secuenciación del genoma humano la que ha provocado el avance más importante en esta nueva disciplina científica. Se han descrito millones de diferencias en la secuencia entre distintas personas. Para encontrar las relaciones entre estas diferencias y la propensión a determinadas enfermedades se necesitan algoritmos y capacidad de cálculo.

La bioinformática se ha centrado tradicionalmente en el estudio de las proteínas y los genes de forma aislada. Por ejemplo, para predecir la función o la estructura tridimensional de una proteína nueva, se buscan proteínas parecidas cuya función o estructura ya se conozcan. Existen multitud de métodos computacionales en torno a esta perspectiva, y han sido, y siguen siendo, de gran ayuda. Desde hace algunos años, sin embargo, el panorama se ha ampliado: nuevas técnicas experimentales nos permiten conocer las redes de interacción entre proteínas de una célula, o cómo se expresan en determinada situación miles de genes. Este incipiente punto de vista, más amplio, necesita de nuevos métodos para que seamos capaces de comprender los datos.

Varios problemas de carácter científico-técnico afloran: los citados datos se encuentran dispersos en diferentes repositorios o bases de datos, y en ellos la información está especificada con formatos particulares. Tan importante es conocer los distintos formatos como desarrollar sistemas que sean capaces de poner un poco de orden en estos desordenados almacenes de datos.

Como ya nadie duda, la bioinformática se enfrenta a muy diversos retos, tratando de aunar los esfuerzos de distintas disciplinas e integrando conocimientos muy disímiles.

Otros problemas de carácter científico que enfrenta la biología son de naturaleza física, debido a que numerosos procesos biológicos se producen sin que las moléculas implicadas sufran cambios en su composición. El plegamiento de proteínas, la interacción de biomoléculas en la célula, el reconocimiento de unas células por otras para conformar los seres vivos, entre otros, son ejemplos de ello.

La investigación interdisciplinaria en biología, física, matemática y computación combina la investigación biológica con el desarrollo de la modelación y simulación computacional avanzada. Por ello aparece la bioinformática como un nuevo campo de la ciencia, destinada a procesar e integrar la información científica acumulada en las eras genómica y post-genómica como resultado de los procesos de secuenciación de organismos biológicos.

El desarrollo de la Bioinformática exige un profundo carácter multidisciplinario en la investigación científica y el dominio de un lenguaje que garantice la comunicación entre especialistas provenientes de diferentes áreas del saber.

La bioinformática está íntimamente relacionada con otros aspectos de las ciencias biológicas y de la tecnología. Todas las partes interaccionan entre sí, pero las ciencias biológicas son, en esencia, ciencias experimentales y es, esta parte experimental, la que generalmente da lugar a las preguntas y dirige el descubrimiento de nuevo conocimiento.

Sin el desarrollo de la bioinformática no es actualmente posible enfrentar proyectos que aspiren a desarrollar medicamentos y otros productos novedosos con una fuerte posición de patente y en un tiempo relativamente breve, y ello es imprescindible para poder colocar los productos nacionales en el mercado mundial. La demora de esta actualización tecnológica repercutirá en la eficiencia y la competitividad biotecnológica nacional (Grupo coordinador de Bioinformática, 2002).

La bioinformática constituye un modelo ideal que favorece el desarrollo de redes de colaboración y la creación de laboratorios virtuales, que pudieran permitir la contribución de otras ramas de las ciencias básicas, al desarrollo de la industria biotecnológica y las tecnologías de la información, al surgimiento de nuevas formas de organizar la ciencia y otros muchos aportes asociados al trabajo colaborativo global.

## Áreas de investigación bioinformática en el mundo

En los últimos años se han ido marcando las áreas de investigación, que a nivel mundial, son atendidas por la bioinformática, y que pueden ser descritas de forma sumaria de la manera que sigue (Montero Cabrera y Febles, 2005):

**ANÁLISIS DE SECUENCIAS Y ANOTACIÓN DEL GENOMA:** Una de las tareas que caracterizan la bioinformática es la de buscar correspondencias entre las secuencias conocidas de DNA con las proteínas y segmentos reguladores asociados, e identificarlos inequívocamente.

**BIOLOGÍA EVOLUTIVA COMPUTACIONAL:** El estudio del origen y descendencia de las especies, así como sus cambios a través del tiempo, lo que se realiza hoy eficientemente por medios computacionales. Esta temática, de indudable interés científico, es una base indispensable para otras acciones mucho más aplicadas.

**ANÁLISIS DE LA EXPRESIÓN GENÉTICA:** Las técnicas existentes para identificar cómo se expresan los genes, generalmente basadas en *microarreglos de DNA*, producen una información cuantiosa donde la verdaderamente significativa (la “señal”) puede estar “oculta” por otras redundantes o inútiles (el “ruido”). Se investiga intensamente el desarrollo de métodos estadísticos de separación de la señal del ruido en los estudios de “high-throughput” (HT) donde se determinan las complejas relaciones entre los genes y las enfermedades.

**ANÁLISIS DE LA EXPRESIÓN DE PROTEÍNAS:** Los estudios de HT de la composición proteica de un sistema vivo tiene los mismos problemas de separación entre la señal y el ruido que el de la expresión genética y en este caso se desarrollan las técnicas para identificar la información útil, teniendo en cuenta que la información que se obtiene en este caso no tiene las mismas características.

**ANÁLISIS DE LAS MUTACIONES EN CÁNCER:** Las secuenciaciones masivas que deben identificar mutaciones puntuales en variaciones genéticas asociadas con el cáncer producen también cantidades inmensas de datos que requieren sistemas automatizados para leer y comparar las secuencias acertadamente y encontrar polimorfismos relevantes.

**PREDICCIÓN DE ESTRUCTURAS Y FUNCIONES DE BIOMOLÉCULAS:** La predicción de estructuras y funciones de proteínas y otras moléculas y macromoléculas asociadas con los fenómenos de la vida es otra importante aplicación de la bioinformática. Para ello se utilizan desde técnicas heurísticas, hasta leyes y teorías de la física estadística y cuántica con una importante utilización de la computación masiva de alto rendimiento. Este es uno de los caminos asociados con la gran industria farmacéutica actual.

**PRESERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD:** La bioinformática es frecuentemente utilizada con la finalidad de conocer y preservar la biodiversidad para lo que se crean y usan bases de datos relacionadas con la caracterización de especies vivas y sus condiciones de existencia. Esto tiene utilidad tanto en la preservación del medio ambiente como para fines relacionados con la salud humana.

**MODELACIÓN DE SISTEMAS BIOLÓGICOS:** La biología de sistemas implica el uso de simulaciones computacionales de subsistemas vitales (tales como las redes de metabolitos y enzimas que implican al metabolismo, las rutas de transducción de señales y las redes de regulación genética) para analizar y visualizar las conexiones complejas de estos procesos celulares. Por ejemplo, la *vida artificial* o la *evolución virtual* intentan comprender los procesos evolutivos a través de simulaciones computacionales de formas de vida simples o artificiales.

## Cuba y la bioinformática

A propuesta de la comunidad científica, las autoridades cubanas analizaron las posibilidades de iniciar en nuestro país un proceso masivo de introducción de la bioinformática. Se interpretó como una oportunidad para producir un salto cualitativo en las aplicaciones biotecnológicas y en la integración de proyectos de alto valor científico. Fueron considerados como fortalezas cubanas para introducir la bioinformática, entre otras, las siguientes:

- El desarrollo alcanzado por la biotecnología.
- El papel prioritario que en Cuba se le asigna al conocimiento científico.
- El enorme capital humano que se ha desarrollado en el país.

- El nivel alcanzado por las universidades cubanas en las ciencias básicas.
- Los logros consolidados de salud cubana.
- La cultura alcanzada en la informática médica.

Se definieron cuatro frentes principales de trabajo, para en ellos concentrar esfuerzos y acelerar resultados a corto y mediano plazo:

1. **ASEGURAMIENTO COMPUTACIONAL:** Aumentar la velocidad de procesamiento, incrementar la capacidad de almacenamiento y mejorar la conectividad.
2. **FORMACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS:** Cursos de preparación de estudiantes y superación postgraduada.
3. **INTEGRACIÓN DE PROYECTOS:** Lograr que varias instituciones trabajaran en un proyecto de investigación bioinformática, para lograr con esta sinergia resultados significativos a corto plazo.
4. **COLABORACIÓN INTERNACIONAL:** Establecer relaciones y obtener experiencia sobre las prioridades de la bioinformática e identificar posibilidades de establecer convenios de colaboración de mutuo beneficio.

Sobre estas bases se emprendieron un conjunto de acciones cuyos frutos pueden ser observados hoy en diversas áreas y centros del país. A continuación mencionamos algunas de ellas.

- a. **ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.** Un elemento organizativo de importancia fue la creación de un grupo de coordinación, que comenzó a trabajar desde febrero de 2001. En este grupo, los centros más activos fueron:

*Por el Polo Científico del oeste de la capital.* El Centro de Inmunología Molecular CIM, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología CIGB y el Centro de Neurociencias de Cuba.

*Por el Ministerio de Educación Superior (MES).* La Universidad de La Habana (UH), Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (CUJAE) y la Universidad Central de las Villas UCLV.

*Por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).* El recién creado Centro Nacional de Bioinformática BIOINFO, el Instituto de Física Matemática y Computación ICIMAF, el Instituto Superior de Ciencia y Tecnologías aplicadas INSTEC, la empresa de tecnologías de la información y servicios telemáticos CITMATEL.

*Por el Ministerio de Salud Pública (MINSAP). El Centro de Cibernética Aplicada a la Medicina (CECAM), incorporado en julio de 2002.*

Este grupo trabajó de forma regular y propuso varios acuerdos relacionados con la estrategia de la bioinformática del país, lo cual constituyó un paso importante en el fortalecimiento de las instituciones involucradas en este propósito y motivó que varias áreas propusieran proyectos interesantes de investigación.

- b. **FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS.** Una acción clave en este sentido fue el curso organizado por el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) para la formación en bioinformática de manera acelerada de un grupo de estudiantes de los últimos años de varias carreras universitarias, en estrecha colaboración con Centros del Ministerio de Educación Superior (MES) como la Universidad de La Habana y el Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear (ISCTN) del CITMA. El curso comenzó el 15 de octubre de 2001 con estudiantes de alto rendimiento de 4º y 5º año de varias facultades de la UH y el ISCTN, para lo que fue necesario modificar los planes de estudios respectivos. Durante cuatro semestres, cursaron asignaturas específicas y trabajaron en investigaciones relacionadas con genómica, proteómica y bioinformática. Estos estudiantes, una vez graduados, se ubicarían en centros del polo científico, las universidades y el CITMA.

En la formación de pregrado resultan imprescindibles los sistemas de formación básica de matemáticos, científicos de computación, ingenieros informáticos, físicos, químicos, bioquímicos y biólogos. Es un hecho irrefutable, ya hoy aceptado por nuestras instituciones de nivel superior, la necesidad de un trabajo multidisciplinario lo cual se ha visto reflejado en los proyectos de Plan D que se han ido elaborando, los que contienen en general una flexibilidad mayor y permiten la transdisciplinariedad con más facilidad que los actuales planes de estudio.

Por otro lado la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), ha creado una facultad dedicada a la bioinformática que ha elevado su nivel de integración con organizaciones especializadas en el desarrollo de ciencias básicas y particularmente de las ciencias de la vida.



Pero la formación de especialistas en bioinformática, debido al propio carácter de esta disciplina científica exige la integración de conocimientos correspondientes a diferentes disciplinas, objetivo que no es siempre posible cumplirlo totalmente en el pregrado, por lo que resulta imprescindible abordar el posgrado de manera ágil, coordinada, sistemática y profunda.

En este nivel, resultaron significativas las siguientes acciones:

- El diplomado de bioinformática impartido por el Centro Nacional de Bioinformática (BIOINFO) conjuntamente con el Instituto Superior de Ciencia y Tecnologías Nucleares (INTEC) y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en el curso 2004.
- El diplomado de biología molecular desarrollado por la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana (con la colaboración de BIOINFO).
- La maestría de Informática médica que imparte el CECAM del ISCM-H, desde 1996 (donde participa un profesor de BIOINFO).
- Los diversos estudios realizados para el doctorado de Bioinformática impulsados por el Centro Virtual de Bioinformática (CVB) de la Universidad de La Habana.
- Las maestrías de genética y asesoramiento genético del Centro Nacional de Genética Médica del ISCM-H.
- El diseño e inicio de la maestría en bioinformática que requirió un profundo estudio previo para conformar un programa con alto rigor académico dirigido a fortalecer la capacidad de los especialistas de esta rama.

Dado el papel que le corresponde desempeñar a las maestrías en este aspecto se elaboró un programa, que fue recientemente aprobado por la comisión correspondiente del Ministerio de Educación Superior.

La maestría tiene como propósito general la formación de profesionales en bioinformática capaces de usar y desarrollar métodos computacionales para resolver problemas biológicos. Para ello obtendrán una sólida base en biología, un amplio conocimiento informático y habilidades para el trabajo interdisciplinario en equipos de investigación científica de proyectos de I+D+I relacionados con la modelación de los complejos sistemas biológicos.

El programa constituye una sólida base para actuales y futuros programas doctorales, baluartes, a su vez, de proyectos científicos dirigidos a la

obtención de resultados de investigación de alto nivel en bioinformática para el país, que deben contribuir al desarrollo tecnológico en este campo y actuar como fuente de sostenibilidad para el sistema de liderazgo científico en estas disciplinas.

Para establecer un programa doctoral nacional de bioinformática, se han dado ya pasos sólidos, ejemplo de lo cual son:

1. Los tres doctorales, con diferentes modalidades, donde se realizan investigaciones y se forman doctores en colaboración con universidades avanzadas de Europa:
  - Universidad de Valencia-ISPJAE: *Procesamiento paralelo y distribuido en computadoras*. Tesis a diseñar plataformas GRID para aplicaciones bioinformáticas y propuestas para sistemas de seguridad informática en la salud, son temas que pueden producir una favorable apropiación de herramientas y procedimientos bioinformáticos.
  - Universidad Autónoma de Madrid-Universidad de La Habana: *Bioinformática*. Varios proyectos para el estudio de proteínas producirán un conocimiento útil para la comunidad bioinformática cubana.
  - Universiteit Hasselt-Universidad de La Habana: *Estadística médica y bioinformática*. La convergencia prevista entre bioinformática e informática médica estará presente en muchas de las tesis que generen estos doctorados.
2. La Facultad de Biología de la Universidad de La Habana ha establecido un programa doctoral en biociencias moleculares que incluye contenidos importantes de bioinformática.
- c. **INSTITUCIONES CUBANAS PARA EL DESARROLLO DE LA BIOINFORMÁTICA.** Para poder disponer de estructura que se dedicara de forma más organizada y permanente al desarrollo de la bioinformática, se dieron varios pasos en el país: la Universidad de La Habana creó el Centro Virtual de Bioinformática, en el Polo Científico del oeste de La Habana se creó, de igual manera, una estructura virtual con el objetivo de facilitar el uso de la información, el acceso a las bases de datos, compartir recursos computacionales y posibilitar un trabajo conjunto a distancia. Se constituyó el Grupo de Álgebra del Genoma en la Universidad de Las

Villas y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente creó el Centro Nacional de Bioinformática (BIOINFO).

Lo más importante, sin embargo, es que puede listarse un grupo de instituciones cubanas que realizan tareas de bioinformática y han adquirido cierta madurez y experiencia en este campo. A continuación, en orden alfabético, se ofrece una relación aproximada de instituciones cubanas incorporadas, con diferentes grados de participación, a la bioinformática.

- Centro de Cibernética aplicada a la Medicina.
- Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología.
- Centro de Inmunología Molecular.
- Centro de Neurociencias de Cuba.
- Centro Nacional de Bioinformática.
- Centro Nacional de Genética Médica.
- Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria.
- Instituto Finlay.
- Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas.
- Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”.
- Universidad Central de Las Villas (colabora con la Universidad de Camagüey y la Universidad de Granma).
- Universidad de Ciencias Informáticas.
- Universidad de La Habana.
- Universidad de Oriente.

- d. **DESARROLLO DE CLUSTERS (AGRUPAMIENTO) DE COMPUTADORAS.** El Ministerio de Educación Superior decidió la creación de conglomerados de computadoras, clúster de PC, en las universidades de La Habana, Las Villas y Oriente para apoyar el cálculo masivo de datos biológicos y contribuir a desarrollar habilidades en la programación paralela. Otro conglomerado se construyó en BIOINFO, integrado por 8 PC dual Pentium III a 933 MHz (16 procesadores). A este clúster, desde mayo de 2003, puede accederse de forma remota desde cualquier parte del país <<http://www.bioinfo.cu/clusters>>. En el CIGB, se construyó un conglomerado con una cifra inicial de 32 PC y 64 procesadores Pentium III a 933 MHz. Se dispone además de un servidor con 1,5 TB con las más importantes bases de datos de DNA y proteínas.

BIOINFO se creó en el mes de junio de 2002, y tiene como misión desarrollar actividades de investigación científica, preparación de recursos humanos y la prestación de servicios especializados vinculados a la Bioinformática (Grupo coordinador de bioinformática, 2002).

BIOINFO se ha proyectado hacia el desarrollo de las investigaciones científicas, incluidas en uno de los proyectos del Programa Nacional Científico de Tecnología de la Información titulado “Desarrollo de un sistema computacional de extracción de información biológica relevante de familias de proteínas de interés”. Este proyecto presenta como objetivo desarrollar una metodología de extracción de información biológica que relacione características estructurales relevantes de una familia de proteínas con rasgos notables de su función biológica, a partir de alineamientos de múltiples proteínas homólogas (Febles y González, 2002). Su colaboración con el Laboratorio Nacional de Computación Científica de Brasil (LNCC) y la Universidad Autónoma de México, obteniendo resultados de interés para la comunidad bioinformática.

- e. **DESARROLLO DE LA NEUROINFORMÁTICA: UNA FORTALEZA CUBANA.** La neuroinformática se encuentra muy vinculada a la bioinformática. Trabaja con herramientas de diferentes ciencias, fundamentalmente de la ciencia de la computación y de la matemática. Es una nueva área de investigación que trata la adquisición, almacenamiento, análisis y comprensión de datos sobre el sistema nervioso central, así como compartir estos recursos. El objeto central de estudio de la neuroinformática, el cerebro, es tal vez el dispositivo más complejo que exista en el universo. Según la caracterización hecha por el foro OECD sobre neuroinformática, el cerebro es un dispositivo con  $10^{11}$  componentes (neuronas), 3,2 o  $10^6$  km de cableado (axones),  $10^{15}$  conexiones (sinapsis), que pesa solo 1,5 kg y que solo consume 10 watts de energía. El reto de este siglo es entender este dispositivo para poder protegerlo y en un final construirlo (Grupo coordinador de bioinformática, 2002).
- f. **REALIZACIÓN DE CONGRESOS Y EVENTOS SOBRE LA ESPECIALIDAD QUE HAN PERMITIDO UN AMPLIO INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS Y HAN ESTIMULADO EL DESARROLLO DE LA ESPECIALIDAD.** Una vasta relación de talleres, congresos, conferencias y otras actividades científicas fueron desarrolladas durante los

primeros años de 2000. Todos han aportado alguna arista de interés para el avance bioinformático cubano, facilitando el intercambio científico entre especialistas provenientes de Francia, Alemania, Inglaterra, Brasil y otros países de Europa y América Latina. Son ejemplo de lo anterior los siguientes:

- Primer Taller Nacional de Bioinformática, realizado en el Instituto Superior de Ciencias Técnicas y Nucleares (abril 2001). Este evento, organizado por el grupo coordinador nacional, constituyó una importante motivación para los proyectos de investigación en bioinformática.
- Congreso de Biotecnología, en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (noviembre 2002).
- Encuentro sobre Bioinformática Inglaterra-Cuba en la Universidad de La Habana (diciembre 2002).
- Encuentro sobre Bioinformática Francia-Cuba en el Instituto Superior de Ciencias Técnicas y Nucleares (enero 2003).
- Congreso de Biotecnología, en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (noviembre 2003).
- Segundo Taller Nacional de Bioinformática, en el Centro de Inmunología Molecular (mayo 2004).
- Primer Congreso Internacional de Bioinformática, en el Palacio de Convenciones (mayo 2004).

Describimos las características de este último evento, porque en cierta manera refleja la tendencia de la bioinformática cubana en el momento que se celebró en evento.

El “Primer Congreso Internacional de Bioinformática”, ofreció un espacio adecuado para conocer e intercambiar ideas y experiencias en una disciplina científica tan atrayente y prometedora en los temas (Joan Valdivia y Febles, 2004):

1. Genómica y proteómica.
2. Inteligencia artificial y aprendizaje automático.
3. Predicción de estructuras e interacción de biomoléculas y simulación de sistemas biológicos.
4. Neuroinformática.

- Fueron rasgos relevantes de la respuesta a la convocatoria:
  - El alto número de solicitudes nacionales para presentar trabajos, 82 ponencias de muy alta calidad.
  - La diversidad de centros que presentaron propuestas, que evidencia la masificación de esta ciencia en todo el país, entre ellos: el CIGB, el Centro de Inmunología Molecular (CIM), el Centro de Neurociencias de Cuba, el Centro de Química Farmacéutica (CQF), el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), BIOINFO, el Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (INSTEC), la UH, etcétera.
  - La conformación de un programa con 21 trabajos nacionales y 10 extranjeros, dos conferencias magistrales y dos mesas redondas.
  - El hecho de que varias ponencias se realizaran con el concurso de investigadores de diferentes centros e incluso, con colaboración extranjera.

g. **TEMAS DE INVESTIGACIÓN ABORDADOS EN CUBA.** En estos momentos pueden ser listados un conjunto de títulos de investigaciones realizadas por diferentes instituciones cubanas que matizan el quehacer bioinformático del país y reflejan la madurez alcanzada en una disciplina tan compleja.

- Creación, desarrollo y utilización de bases de datos de tipo biológico (incluyendo lo pertinente de la agricultura, el medio ambiente, el sistema de salud pública y la propia medicina).
- Estructura y funciones de las proteínas y otras biomoléculas relevantes. Modelación molecular computacional.
- Relaciones cuantitativas entre la estructura y las propiedades moleculares (QSAR) así como relaciones ligando - receptor para identificar estructuras moleculares bioactivas: diseño de fármacos.
- Genes y genómica.
- Microarreglos (de DNA, proteínas, tejidos, células) y química combinatoria.
- Filogenética y colecciones organizadas de especies biológicas.
- Variaciones del DNA por nucleótidos individuales (SNP o polimorfismos por solo un nucleótido).

- Biología de sistemas.
- Modelos y algoritmos matemáticos y computacionales aplicados a las ciencias de la vida, incluyendo procedimientos de inteligencia artificial.
- Implementación y desarrollo de sistemas de cómputo de alto rendimiento (computación paralela y distribuida).

Esta lista severa notablemente incrementada con los temas de investigación de los alumnos matriculados en la maestría de bioinformática y los doctorados que actualmente tienen lugar.

## Conclusiones

Aunque es imposible realizar conclusiones definitivas, existen algunos elementos que pueden describirse de forma sumaria porque constituyen regularidades del trabajo de bioinformática desplegado hasta la fecha.

- En el país se cuenta con un espectro inicial que constituye el despegue del trabajo en esta rama de trabajo en los *tópicos de la bioinformática* que se practica hoy en día en el mundo, con disponibilidad del *software* indispensable (sobre la base de licencias libres, donaciones, generación propia y apropiaciones).
- Se accede a las *bases de datos* libres y de donación existentes en la red de redes (Web). Existe un banco actualizado de algunas de ellas en el país (CIGB) y datos parciales en otras instituciones. Se han conformado bases de datos propias en cuyo diseño y preparación participaron varios investigadores cubanos procedentes de diferentes centros y de disímiles especialidades.
- Se trabaja con las bases de datos internacionales a pesar de la limitación que representa la baja *velocidad de acceso a la red*, tanto por los centros como por parte del país, en general.
- El *acceso como usuarios a computadoras en red* por parte de muchos investigadores y académicos se ha incrementado en los últimos años.
- La disponibilidad de *literatura científica actualizada* y de acceso a sistemas de indización y búsqueda en línea ha crecido y debe continuar creciendo en los años venideros.

- Cuba dispone de una masa de líderes científicos con conocimientos multidisciplinarios y existe la posibilidad de la promoción de una importante cantidad de jóvenes en este campo.
- Los recursos materiales requeridos para alcanzar resultados de primera línea mundial son mucho menos costosos y de uso variado que los que necesita cualquier otra rama de la ciencia actual para logros similares.
- La bioinformática puede ser un catalizador para el desarrollo de las técnicas de cómputo de alto rendimiento en el país, donde solo han trabajado históricamente algunos contados grupos. Estos procedimientos tendrán un impacto considerable en múltiples esferas de la economía y la sociedad.

Lo descrito en este artículo evidencia las ventajas de poseer una adecuada política científica y de fomentar una sólida formación en ciencias básicas entre los profesionales. Lo anterior y la capacidad para coordinar esfuerzos entre las instituciones del país son los pilares para poder asumir con éxito las disciplinas emergentes que como la Bioinformática surgen de la integración de varias disciplinas y avances tecnológicos.

Es evidente que el desarrollo de la ingeniería genética y los avances de las tecnologías de la información y las comunicaciones, facilitaron el surgimiento de una nueva disciplina científica que fortaleció los vínculos entre las ciencias de la información y las ciencias de la vida: la bioinformática. Como consecuencia se ha producido una integración muy interesante que apoya a especialidades médicas como la Genética Médica, la Bioquímica Clínica, la Farmacología, las Neurociencias, la Estadística Médica, la Inmunología, la Fisiología y la Oncología.

La bioinformática, que como se conoce, es una disciplina científico-tecnológica multidisciplinar donde concurren principalmente la biología molecular y genética y la ciencia de la computación y la ingeniería informática, se ha encargado de ir ofreciendo soluciones a los problemas de tratamiento de la información de muchos problemas de la clínica médica. Las soluciones bioinformáticas son diferentes debido a la diversidad de tipos de información que maneja esta disciplina. Para un bioinformático es importante tener presente que para plantear el diseño, construcción y aplicación de una solución bioinformática, debe hacerlo bajo los mismos



criterios formales y de calidad que se aplican en los proyectos de ingeniería de *software*.

Cuba tiene posibilidades, capacidad y necesidad de desarrollar con éxito la bioinformática. Lo hecho hasta hoy lo confirma. Las perspectivas son aun más halagüeñas.

## Referencias

- DOPAZO, J. y VALENCIA, A. (2004) *Bioinformática y genómica*, disponible en <<http://fbio.uh.cu/informatica/Web%20Bioinfo/Materiales/BioinfoGenomica.pdf>> (Consultado el 20 de mayo de 2004).
- FEBLES, J. P. y GONZÁLEZ, A. (2002) “Bioinformática: ciencia de colaboración” en *Ciencia, innovación y desarrollo*, 7 (3): 53-7.
- GRUPO COORDINADOR DE BIOINFORMÁTICA (2002) *Balance de la Bioinformática en el polo científico del oeste*, La Habana, Palacio de las Convenciones.
- JOAN VALDIVIA, A. y FEBLES, J. P. (2004) “Relatoria del Primer Congreso Internacional de Bioinformática”, La Habana, Palacio de las Convenciones.
- MONTERO CABRERA, L. y FEBLES, J. P. (2005) “Ponencia al Taller de Bioinformática”, septiembre 2005, La Habana, Cuba.

# Nanotecnología y la disponibilidad de energía y agua en los países del Sur

GIAN CARLO DELGADO RAMOS

En los últimos años el avance de la nanotecnología<sup>1</sup> ha venido en aumento con múltiples iniciativas gubernamentales en los principales países del

1. La descripción lingüística más adecuada de nanotecnología, tal vez sea aquella contenida en las definiciones oficiales y que en general coinciden en que se trata de una tecnología que opera a la *nano* escala, esto es que trabaja en dimensiones de entre  $10^{-6}$  a  $10^{-9}$  de metros, o siendo más precisos, aquella que, como indica la Royal Society, opera manipulando estructuras y sus interacciones de entre los 100 nanómetros (nm) hasta el tamaño de los átomos (aproximadamente 0,2 nm). Ello responde a que a esa (nano) escala las propiedades de los materiales pueden ser muy diferentes que aquellas a la macro escala (Royal Society, julio de 2004). No obstante, algunas disciplinas como la denominada nanofotónica, siguen esencialmente haciendo el mismo tipo de investigaciones que cuando se denominaba “fotónica”. El caso es compartido por otras áreas de conocimiento científico-tecnológico, lo que sugiere que esta tendencia de disciplinas madres e hijas (nano) sea reflejo de una debilidad de las fronteras entre las disciplinas que operan a una misma escala pero no como producto de una convergencia espontánea sino como consecuencia del avance del conjunto de fuerzas productivas capitalistas de fines del siglo xx y de lo que va del xxi. Para una reflexión sobre la problemática de definir lo que es nanotecnología, véase: Delgado, Gian Carlo. “Sociología Política de la Nanotecnología Civil y Militar” en Foladori e Invernizzi (eds.) *Nanotecnologías Disruptivas*, Porrúa, México, 2006. Para una breve reflexión del autor sobre la complejidad de la nanotecnología, léase: Delgado, Gian Carlo, “Promesas y Peligros de la Nanotecnología” en *Nomadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, N° 9, España, enero-junio de 2004 <[www.ucm.es/info/nomadas/9/giandelgado.htm](http://www.ucm.es/info/nomadas/9/giandelgado.htm)>.

Norte y algunos del Sur como China, Taiwán, Singapur o, en América Latina, en Argentina y Brasil.

Las expectativas sobre esta tecnología que manipula la materia a escala del átomo o nanométrica (a la mil millonésima de metro o  $10^{-9}$ ) son mayores. No es casual que la inversión a nivel mundial pasara de unos 430 millones de dólares en 1997 a 9,6 millardos de dólares en 2005, de los cuales alrededor del 50% era gasto público.<sup>2</sup> Hasta la fecha, casi la totalidad de la inversión, la investigación y el desarrollo, está en manos de Estados Unidos, Europa y Japón.

Es un panorama en el que ya son numerosos los productos derivados de la nanotecnología que se comercializan o que están en fases de pre-comercialización pero, en comparación a las dimensiones de la inversión efectuada, éstos son relativamente pocos.<sup>3</sup> Además, el grado de retorno de ganancias es todavía mínimo, sobre todo de frente al esperado en el mediano-largo plazo puesto que los diversos datos indican que, en términos del mercado global, hay una tendencia exponencial de negocio.<sup>4</sup>

Según *Lux Research*, en 2004 se registraron unos 12,98 millardos de dólares en ventas de productos que utilizan algún tipo de nanotecnología, monto que para el 2005 lo especula en 30 millardos. Al mismo tiempo, *NanoBusiness Alliance* habla para ese año de una cifra de 45 millardos de dólares. Las proyecciones en el corto plazo son aún más llamativas en términos de su potencial ritmo de crecimiento. Para Lux, en 2008 las

2. Véanse: Roco, Mihail “Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools” en *AIChE Journal*, 50(5), 2004: 892; y Lux Research, *The Nanotech Report*, 4ª edición, mayo de 2006.
3. Véanse por ejemplo: Mazzola, Laura “Comercializing Nanotechnology” en *Nature Biotechnology*, 21(10), 2003: 1137-1143; Baker, Stephen y Aston, Adam “The Business of Nanotech” en *Business Week*, 14 de enero de 2005.
4. Lux Research estima que “... las aplicaciones emergentes de la nanotecnología afectarán casi todo tipo de bien manufacturado a partir de los próximos diez años, incorporándose en el 15% de la manufactura global por un valor de 2,6 billones de dólares en 2014 (... *emerging nanotechnology applications will affect nearly every type of manufactured good over the next ten years, becoming incorporated into 15% of global manufacturing output totaling \$2,6 trillion in 2014*).” Véase: Nordan, Matthew, “Nanotechnology: where does the us stand?” *Lux Research*. Testimonio ante la House Committee on Sciences, Estados Unidos, 29 de junio de 2005.

ventas de ese tipo de productos rondarán los 150 millardos de dólares, mientras que desde otras fuentes, como las de Lawrence, se sugiere que llegarán conservadoramente a los 100 millardos para ese mismo año, momento en que se espera un *boom* que se reflejará, sostiene Lux, en unos 507 millardos de ventas para el 2010.<sup>5</sup> Cinco años después, en 2015, se calcula ya el billón de dólares (millón de millones) en ingresos.<sup>6</sup>

Las aplicaciones por el momento giran en torno a un abanico de nanoprocesos para el perfeccionamiento de materiales existentes y la innovación de nuevas aleaciones o combinaciones (por ejemplo compósitos, cerámicas). Los materiales nanodiseñados ya pueden ser utilizados en productos de lujo como bolas de tenis, golf o boliche (a modo de reducir el número de giros que dan las mismas); nanopartículas para la fabricación de neumáticos de alto rendimiento; fibras para la fabricación de telas con propiedades anti-manchas o antiarrugas; nanopartículas para cosméticos, fármacos y nuevos tratamientos terapéuticos; filtros/membranas de agua nanoestructurados y “remedios” medioambientales; mejora de procesos productivos mediante la introducción de materiales más resistentes o eficientes (tanto industriales como agroindustriales);<sup>7</sup> o el diseño de nuevos materiales para usos que van desde la electrónica, la aeronáutica y prácticamente toda la industria del transporte, hasta para su uso en armas más sofisticadas y novedosas (explosivos, balística, materiales antibala y antirradar, etcétera).

Las propiedades de tales materiales nanoestructurados, sustento de esas y otras aplicaciones, han generado una doble atención. Por un lado,

5. Véanse: Lawrence, Stacy, “Nanotech Grows Up. Funding for R&D doubled in 2004” en *Technology Review*, junio de 2005; Baker, Stephen y Aston, Adam. “The business of Nanotech” en *Business Week*, 14 de febrero de 2005.
6. Feder, Barnaby J., “Nanotech IPOs, without a product” en *The International Herald Tribune*, 26 de mayo de 2004.
7. Por ejemplo se habla del uso de semillas nanobioteclógicamente modificadas, de la aplicación de pesticidas vía su nanoencapsulación, de tratamientos veterinarios derivados de los estudios de prueba en animales realizados por la industria farmacéutica/veterinaria, o de nuevas modalidades de conservación y empaquetamiento de los alimentos. Para mayores referencias, véase: ETC Group, *Down on the Farm. The Impact of Nano-scale Technologies on Food and Agriculture*, Canadá, noviembre de 2004.

se observan los amplios beneficios que posibilitaría la (nano) estructuración de buena parte del entorno material que nos rodea. Y, por el otro lado, se identifican las posibles implicaciones que esa transformación generaría en el medio ambiente y de ahí en la salud, puesto que estarían presentes novedosas nanoestructuras diseñadas por el ser humano y cuyas características, en su gran mayoría, son todavía desconocidas e incomparables a aquellas similares de origen natural pues se sabe que entre otras cuestiones, sus superficies son altamente reactivas y por ende pueden interactuar más fácilmente y, en el grueso de los casos, de modo desconocido (véase los numerosos informes oficiales de Estados Unidos o la Unión Europea que lo corroboran).<sup>8</sup>

La incertidumbre es tal que, además de organismos como el ETC Group<sup>9</sup> o Greenpeace,<sup>10</sup> incluso compañías aseguradoras como la Compañía Aseguradora Suiza o Allianz AG (Alemania) ya han hecho expresa su preocupación.<sup>11</sup>

No obstante, en este contexto la Comisión Europea, entre otros, ha considerado que "... la nanotecnología puede contribuir a realizar el

8. Por ejemplo: Roco, Mihail C. y Bainbridge, William S., *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, National Science Foundation, marzo de 2001; Renzo, Tomellini y Roco, Mihail C., *Nanotechnology Revolutionary Opportunities and Societal Implications*, European Commission, Bélgica, febrero de 2002; Environmental Protection Agency (EPA), *Nanotechnology and the environment: Applications and Implications*, Washington, EE. UU., agosto de 2002; Roco, Mihail C. y Bainbridge, William S., *Nanotechnology: Societal Implications – Maximizing Benefits For Humanity*, National Nanotechnology Initiative, 3-5 de diciembre de 2003; Royal Society, *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*, Londres, julio de 2004; Department for Environment, Food and Rural Affairs, *Characterising the Potential Risks Posed by Engineered Nanoparticles*, UK Government, Londres, 2005.
9. La referencia clásica de ETC Group es: *The Big Down: From Genomes to Atoms*, Canadá, enero de 2003. Para otras publicaciones sobre la temática, consúltese su página electrónica <[www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)>.
10. Arnall, Alexander H., *Future Technologies, Today's Choices*, Greenpeace Environmental Trust, Londres, julio de 2003.
11. Véanse: Hett, Ammabelle, *Nanotechnology: Small Matter, Many Unknowns*, Swiss Reinsurance Company, Suiza, 2004; Lauterwasser, Christoph, *Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, Allianz AG, Center for Technology/OECD, Londres, junio de 2005.

desarrollo sustentable y las metas de la Agenda 21”.<sup>12</sup> Así, se sostiene que entre los beneficios se posibilitaría una reducción importante de los niveles de consumo de recursos necesarios en los procesos productivos, puesto que la nanotecnología mejoraría la eficiencia tanto en recursos utilizados como en energía consumida (“nanotecnologías de prevención de contaminantes”).<sup>13</sup> La ampliación de los ciclos de restitución de los medios de producción –gracias al uso de materiales más resistentes– es otro de los principales beneficios advertidos por el empresariado, a la par de la mejora de sistemas fotovoltaicos y/o de producción de hidrógeno para uso como combustible, entre otras aplicaciones puntuales como el desarrollo de procesos de remediación ambiental, de nano/sensores de contaminantes químico-biológicos o inclusive en el desarrollo de materiales para la eco-construcción (por ejemplo, asfalto filtrante del agua, nuevos materiales concentradores/aislantes de calor).<sup>14</sup>

Tal vez uno de los ejemplos más llamativos en términos del *potencial* beneficio medioambiental y como una alternativa –entre otras– a la fuerte dependencia de la economía mundial a fuentes de combustibles fósiles, es el uso de la nanotecnología para “mejorar” las celdas fotovoltaicas (además de otros ahorros energéticos que posibilitaría mediante la optimización de electrodomésticos o de líneas de transmisión, por mencionar un par de casos).<sup>15</sup> Y es que es bien sabido que entre las principales limitantes del uso extensivo de la energía solar están tanto la baja eficiencia de la conversión energética, como el coste de fabricación de las células. Factores que se ven reflejados en precios de entre 4 y 5 dólares

12. Textual: “...Nanotechnology can contribute towards realising sustainable development and to the goals addressed in the ‘Agenda 21’ and the Environmental Technology Action Plan” (Comisión Europea, *Towards a European Strategy for Nanotechnology*, Bélgica, mayo de 2004: 5).

13. Masciangioli, Tina y Zhang, Wei-Xian, “Environmental Technologies at the Nanoscale”, *Environmental Science & Technology*, 1º de marzo de 2003.

14. Véanse por ejemplo: Masciangioli y Zhang, 1º de marzo de 2003, ob. cit.; Environmental Protection Agency, *Nanotechnology White Paper*, EPA’s Science Policy Council, 2 de diciembre de 2005.

15. Se habla, por ejemplo, del uso de nanotubos de carbono cuyas propiedades de alta resistencia y transmisión de la electricidad los harían ideales para la elaboración de líneas de transmisión en base a nanocables de última generación.

por watt, de frente a un costo de un dólar por watt en el caso del uso de combustibles fósiles (cuyo precio claramente no es representativo del coste ecoambiental de su producción).<sup>16</sup>

La nanotecnología promete cambiar tal situación pues abre las puertas al nanodiseño de novedosos materiales semiconductores *a doc* con características diversas como lo son el plausible incremento de la eficiencia de las fotocélulas, la extensión de los niveles de conversión de energía por superficie cuadrada, y la maleabilidad de las fotoceldas.

## La nanotecnología y la energía fotovoltaica y fotoelectroquímica

El efecto fotovoltaico ocurre cuando algunos materiales se ponen bajo iluminación y crean una fuerza electromotriz o una diferencia de voltaje. Éste se puede llevar a cabo en materiales sólidos, líquidos o gaseosos; pero es en sólidos, especialmente en los materiales semiconductores, en donde se han encontrado eficiencias aceptables de conversión de energía luminosa a eléctrica.

Existen diferentes materiales semiconductores con los cuales se pueden elaborar celdas solares, pero el que más se utiliza es el silicio (base del silicón) en sus diferentes formas de fabricación: silicio monocristalino, policristalino y amorfo.<sup>17</sup>

16. Fuente: Energy Foundation. Citado en: Carlstrom, Paul, “Nanotechnology could turn rooftops into a sea of power-generating stations”, *San Francisco Chronicle*, Estados Unidos, 11 de julio de 2005.
17. El silicio monocristalino: Las celdas están hechas de un solo cristal de silicio de muy alta pureza. La eficiencia de estos módulos ha llegado hasta el 17%. Los módulos con estas celdas son los más maduros del mercado, proporcionando con esto confiabilidad en el dispositivo de tal manera que algunos fabricantes los garantizan hasta por 25 años. El silicio policristalino: Su nombre indica que estas celdas están formadas por varios cristales de silicio. Esta tecnología fue desarrollada buscando disminuir los costos de fabricación. Estas celdas presentan eficiencias de conversión un poco inferiores a las monocristalinas pero se ha encontrado que pueden obtenerse hasta un orden de 15%. La garantía del producto puede ser hasta por veinte años dependiendo del fabricante. El

Según se informa, los semiconductores son utilizados en la fabricación de las celdas solares, "... porque la energía que liga a los electrones de valencia al núcleo es similar a la energía que poseen los fotones que constituyen la luz solar. Por lo tanto, cuando la luz solar incide sobre el semiconductor, sus fotones suministran la cantidad de energía necesaria a los electrones de valencia para que se rompan los enlaces y queden libres para circular por el material. Por cada electrón que se libera, aparece un hueco. Dichos huecos se comportan como partículas con carga positiva. Estos portadores fotogenerados son forzados a separarse por medio de un campo eléctrico interno, construido para ese fin, que obliga a los electrones a acumularse en una superficie del dispositivo, y a los huecos, en la otra superficie. Si se establece un circuito eléctrico externo entre las dos superficies, los electrones acumulados fluirán a través de él regresando a su posición inicial. Este flujo de electrones forma lo que se llama una corriente fotogenerada o fotovoltaica".<sup>18</sup>

Siguiendo este principio general, las celdas solares comerciales se fabrican con "obleas" muy delgadas de silicio de alta pureza (material muy abundante en la arena) y cuyo espesor típico es del orden de 300 nm (0,3 mm). Una fracción muy pequeña de tal espesor (del orden de 0,5 nm) es impregnado con átomos de fósforo. A esta capa se le conoce como tipo-n. El resto de la oblea es impregnado con átomos de boro y se forma la capa conocida como tipo-p. Estas capas forman un campo eléctrico (voltaje interno construido) dentro de la oblea y cerca de la superficie que recibe la luz del sol. Este voltaje es el responsable de separar las cargas fotogeneradas positivas (huecos) y negativas (electrones). La celda cuenta con dos terminales que se conectan a un circuito externo para extraer la corriente eléctrica producida. La cara de la oblea expuesta

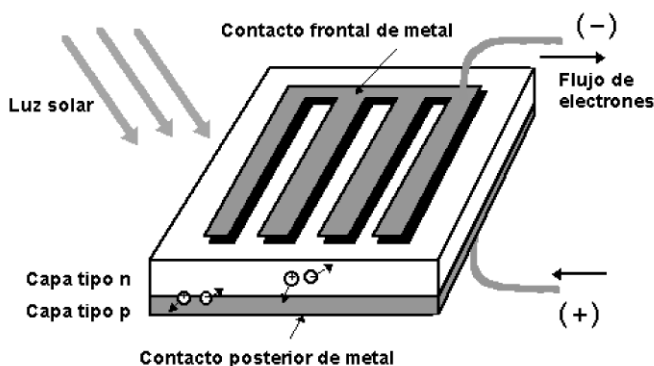
silicio amorfo: La palabra amorfo significa carencia de estructura. La estructura cristalina de estas celdas no tiene un patrón ordenado característico del silicio cristalino. La tecnología de estos módulos ha estado cambiando aceleradamente en los últimos años. En la actualidad su eficiencia ha subido hasta establecerse en el rango de 5 a 10% y promete incrementarse. La garantía del producto puede ser hasta por diez años dependiendo del fabricante. Tomado de: "Energía fotovoltaica", página de los Laboratorios Nacionales Sandia, Estados Unidos. En: <<http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>>.

18. Ibidem.



a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. Sobre este enrejado está conectado uno de los conductores del circuito exterior. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Ésta corresponde a la terminal positiva sobre la cual está conectado el otro conductor del circuito exterior. También la celda esta cubierta con una película delgada anti-reflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.<sup>19</sup> Véase imagen 1.

IMAGEN 1. Composición de una placa fotovoltaica



**FUENTE:** Laboratorios Nacionales Sandia, Estados Unidos. Disponible en <<http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>>.

Esta elaboración de fotoceldas es altamente costosa, tanto por el uso del silicio como material base y en creciente caída de disponibilidad en el mercado, así como por el proceso mismo de producción pues se requieren de cuartos limpios de vacío para su manufactura –cuyo coste es variable según su tamaño pero que no es de menos del millón de dólares, cifra a la que se suman miles de dólares para su mantenimiento anual. Esto

19. Ibidem.

se sostiene aún con el uso de concentradores de luz que incrementan la eficiencia de las fotoceldas y que por tanto las hacen “más” rentables.<sup>20</sup> Además, su estructura rígida limita en buena medida su movilidad y con ello los lugares en los que se pueden colocar (factor que también contribuye a su elevado costo). Sin embargo, el uso de la nanotecnología sugiere reducir los costos de su producción e instalación a través de transformaciones de los materiales empleados que además, y sobre todo, aumentarían eventualmente la eficiencia actual de las fotocélulas.

Nasys y Nanosolar (California, Estados Unidos) por su lado, así como Konarka (Massachusetts, Estados Unidos) en alianza con Groupe Electricité de France, ChevronTexaco y Kodak por el suyo, están desarrollando rollos de plásticos (similares a un rollo fotográfico) altamente eficientes en la recolección de luz en los que cada célula solar nanoestructurada que es “impresa” puede actuar como un colector solar autónomo. Ello permite que “... estas hojas plásticas tengan más área de superficie captadora de luz que las células fotovoltaicas convencionales”.<sup>21</sup> Si bien no son por el momento competitivas en términos de su eficiencia total (no por superficie), su potencial es altamente prometedor.

Se trata de una vía de investigación, entre otras, en la que están involucradas también otros actores empresariales de mayor dimensión como lo son Matsushita (Japón) y STMicroelectronics (Francia/Italia), Sharp (Japón), o grandes petroleras –por obvias razones– como British Petroleum o Shell.<sup>22</sup>

Las versiones más prometedoras de placas plásticas fotovoltaicas, por el momento, son aquellas que hacen uso de materiales híbridos (inorgánicos/orgánicos). Por ejemplo, la versión de un grupo de investigación al mando de Paul Alivisatos (Universidad de California en Berkeley, Departamento de Energía, Estados Unidos) utiliza para el polo negativo un polímero semicristalino llamado poly3 (3 hexiltiopene) o P3HT, y para

20. Véase por ejemplo <[www.parc.com/research/projects/cleantech/cpv.html](http://www.parc.com/research/projects/cleantech/cpv.html)>.

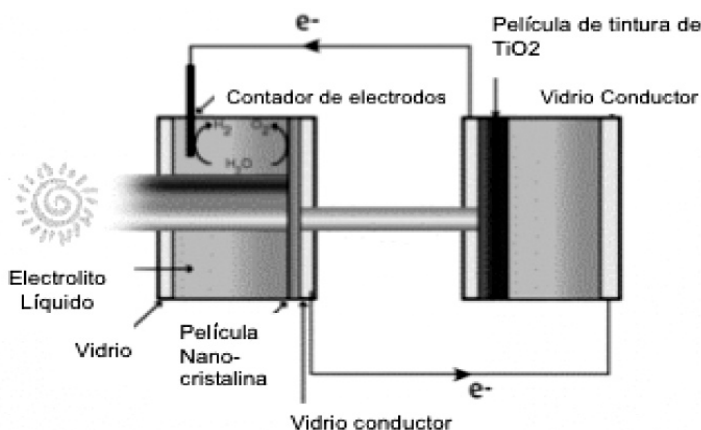
21. Carlstrom, 11 de julio de 2005. Véase también, Corcoran, Elizabeth. “A handful of young companies are producing new ways to harness solar energy”, *Forbes*, Estados Unidos, 24 de noviembre de 2003.

22. Ibidem.

el polo positivo, barras nanométricas de selenio de cadmio. El resultado ya en 2002 era de una eficiencia de 6,9% de captación solar.<sup>23</sup>

Otra versión, la de *stmicroelectronics*, utiliza distintos materiales para llevar a cabo cada una de las tres fases de 1) absorción, 2) resistencia de un campo eléctrico para separar los electrones y los hoyos, y 3) conducción de electrones al otro polo. La *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) de *stmicroelectronics* busca imitar el mecanismo de las plantas al utilizar un tinte orgánico (fotosintetizador) para absorber la luz y crear los pares electrón-hoyo, un óxido metálico nanoporoso para transportar los electrones (en este caso un compuesto orgánico de cobre) y un material hoyo-transportador que típicamente es un líquido electrolítico (por ejemplo fullerenos como el C60).<sup>24</sup>

IMAGEN 2. Funcionamiento de la Tandem Cell™



FUENTE: <[www.hydrogensolar.com](http://www.hydrogensolar.com)>

23. "Nanotechnology Plus Plastic Electronics: Solar Cells", *Daily University Science News*, University of California at Berkeley, 1º de abril de 2002
24. "stmicroelectronics Announces Advanced R&D Program Targeting Low Cost Solar Cells", página electrónica de *stmicroelectronics*. Catania, Italia, 30 de septiembre de 2003, disponible en <<http://www.st.com/stonline/press/news/year2003/t1355h.htm>>.

Nanosys (Estados Unidos) que cuenta con Alivisatos en su junta directiva y, en alianza con Matsushita Electric (Japón), están desarrollando en cambio un líquido fotovoltaico de estructuras denominadas “nanotetrapods” que puede ser aplicado a la superficie de los tejados y de ese modo –por medio de autoensamblaje– convertirlas en paneles fotovoltaicos. De modo similar lo hace Nanosolar (Estados Unidos) con su spray fotovoltaico de nanocables de óxido metálico que al ser aplicado a sustratos plásticos se auto-ensambla para formar una película fotovoltaica. La compañía vende su producto bajo las denominaciones de Nanosolar PowerSheet, Nanosolar SolarPly, Nanosolar Utiliscale, y Nanosolar Cell A-100.<sup>25</sup>

La meta general en el corto plazo es la de reducir el coste de producción de energía con paneles solares nanoestructurados de los 4-5 dólares a uno o dos dólares por watt;<sup>26</sup> un precio que de frente a los crecientes aumentos del precio del petróleo y del gas se torna bastante competitivo. Además, el hecho de que los paneles nanoestructurados sean flexibles y ligeros, abre una nueva dimensión en su uso para electrónicos tanto de uso civil como militar (de ahí que en Estados Unidos, el DdD por medio de Defense Advanced Research Projects Agency diera en 2004 *grants* a Nanosys, Nanosolar, Konarka y al National Renewable Energy Laboratory para ese último propósito).<sup>27</sup> En el largo plazo, se calcula que el precio de generación de energía de fuente solar podría llegar incluso a ser de unos 20 centavos por watt.

Y si bien, los paneles plásticos de células fotovoltaicas aún tienen una baja eficiencia en comparación con los de silicio que pueden llegar hasta un 17% de conversión energética, se calcula que de alcanzar el 10% de eficiencia, tales paneles plásticos ya comenzarían a ser comercialmente viables.

Vinculado al avance de esta nueva generación de fotoceldas se identifica también el desarrollo de novedosas *células fotoelectroquímicas*, es decir de sistemas que usan células solares para la producción de hidrógeno y que gracias al uso de nanoestructuras, éstos pueden retener más

25. <<http://www.nanosolar.com/products.htm>>.

26. Ibidem.

27. “Darpa selects contractors for solar power Project”, EE Times, Estados Unidos, 17 de agosto de 2004, disponible en <[www.nanosolar.com/cache/eetimes.htm](http://www.nanosolar.com/cache/eetimes.htm)>.

hidrógeno por unidad de peso que los sistemas fabricados con materiales no-nanoestructurados.<sup>28</sup>

Ejemplificando, Hydrogen Solar (Reino Unido) ha desarrollado un sistema, el Tandem Cell, que emplea dos series de celdas fotocatalizadoras; una frontal elaborada con una (nano) película de óxido metálico cristalino (hierro, tungeseno, y otros) que absorbe las altas energías de la luz solar (ultravioleta y luz azul), y una trasera denominada Graetzel Cell que capta las ondas largas de luz que la primera no puede absorber (de verde a infrarrojo).<sup>29</sup> Los dos paneles son conectados eléctricamente para la generación de hidrógeno por medio de electrólisis. Con el sistema es posible convertir la energía solar directamente en hidrógeno con un grado de eficiencia del 8%. O, en otras palabras, un sistema de 7 m<sup>2</sup> con condiciones regulares de luz, puede generar suficiente hidrógeno como para abastecer un coche pequeño para recorrer 350 km a la semana o 17.700 km al año, a un precio de entre 1,8 y 3 dólares por kilo de hidrógeno.<sup>30</sup>

Los mencionados avances en fotoceldas y fotoelectroquímicas, así como en nuevos diseños de pilas de hidrógeno y de sistemas más eficientes de transmisión de electricidad, si bien pueden ser ampliamente benéficos (si políticamente así se decide), cada caso debe ser analizado detenidamente para su correcta apreciación puesto que es fundamental revisar, tanto el proceso de su producción y desecho (ciclo de vida), como los niveles de ahorro de gases de efecto invernadero que implicaría su uso de cara a otras alternativas.<sup>31</sup>

28. University of California en Santa Cruz en “Nanotechnology hold promise for new hydrogen fuel Technologies”, *Physorg.com Science, Technology, Physics, Space News*, Reino Unido, 29 de junio de 2005.

29. British Information Services en “Nanotechnology to Create Green Hydrogen”, *Physorg.com Science, Technology, Physics, Space News*, Reino Unido, 24 de septiembre de 2004, en <www.physorg.com/news1309.html>.

30. Ibidem. Para una discusión crítica sobre la denominada “economía del hidrógeno” véase: Delgado, Gian Carlo, “Hidrógeno: opción energética empresarial del siglo XXI” en *Ambientico*, N° 123, Costa Rica, diciembre de 2003.

31. Como atinadamente advierte Volker Türk del Instituto Wuppertal (Alemania), “... lo pequeño no necesariamente significa un uso pequeño de recursos, sobre todo cuando se están usando técnicas *top-down* en las que los materiales a granel son procesados hasta un nivel nanométrico. Uno debe considerar el ciclo

## La nanotecnología y el agua

El Center for Biological and Environmental Nanotechnology-CBEN (Rice University, Estados Unidos) y su división empresarial Oxane Materials, se perfilan como uno de los espacios destacables de investigación y comercialización de aplicaciones nanotecnológicas medioambientales, entre otros. En lo que respecta a “sistemas de purificación de agua de alto rendimiento”, se notifica que el CBEN está desarrollando membranas reactivas (membranas de ferrocene) que son capaces de tratar desechos orgánicos en el agua al imitar el funcionamiento de las membranas celulares. También se están diseñando membranas de cerámica nanoestructurada (por ejemplo, membranas de cerámica de óxido de hierro) para purificar el agua activa y pasivamente; esto es, por un lado, mediante el diseño –físico– del grosor de la membrana, el tamaño de los poros y su distribución y permeabilidad. Por el otro lado, a través del aprovechamiento de las propiedades –químicas– a la nanoescala de los compuestos empleados (por ejemplo, materiales férricos) para descomponer contaminantes clásicos como el ácido benzoico.<sup>32</sup>

Asimismo, se está desarrollando un portafolio de catalizadores diseñados nanométricamente que permitan una mayor eficiencia en las reacciones químico-biológicas entre el catalizador y el contaminante

de vida entero para poder evaluar la eficiencia de recursos, incluyendo la fase de su consumo. Si los nanomateriales son empleados para producir materiales o superficies catalíticas, entonces para la producción de éstos se podrían consumir más recursos y no siempre se podrían recuperar tales partículas en la fase de desecho; pero al mismo tiempo estos nanomateriales podrían ayudar a reducir el consumo de energía y de recursos en varios procesos. Por tanto solamente si se observa a lo largo del ciclo de vida comparando, en este caso, la intensidad de uso de recursos en la fase de producción con el potencial ahorro de recursos en la fase de uso, uno podría ser capaz de juzgar la amplitud del potencial” (Delgado-Ramos, Gian Carlo, *Nano Conceptions Report: A Sociological Insight of Nanotechnology Conceptions*, España, mayo de 2006).

32. Véanse: <<http://cohesion.rice.edu/centersandinst/cben/index.cfm>>; Wiesner *et al.*, “Nanomaterials, Sustainability and Risk Minimization”, introducción a la *IWA Internacional Conference on Nano and Microparticles in Water and Wastewater Treatment*, Zurich, 22-24 de septiembre de 2003; para mayores referencias técnicas: *Journal of Membrane Science*, Elsevier, Londres.

a precipitar (por ejemplo, metales pesados). Estos catalizadores son añadidos al agua en un tanquerreactor especial en el que se lleva a cabo la reacción y se precipitan los contaminantes (por ejemplo al fondo del reactor). Para el caso de aquellos metales pesados en el que la catálisis no es funcional (por ejemplo, arsénico), se está explorando el uso de nanomateriales como polímeros y aditivos de nanopartículas que sean capaces de absorberlos. Una alternativa sugiere ser el diseño de nanocristales magnéticos que en el tamaño adecuado podrían ser luego removidos por medio de separación magnética.<sup>33</sup>

Ahora bien, a pesar de tales interesantes y prometedoras líneas de investigación y de modo similar al caso de las fotoceldas y fotoelectroquímicas, estas aplicaciones, aunque técnicamente limitadas<sup>34</sup> y no muy bien recibidas por una parte de los ingenieros especialistas en tratamiento y potabilización de agua,<sup>35</sup> no resuelven de fondo el problema global

33. Para el caso específico del uso de nanocristales de dióxido de titanio como fotocatalizador “mejorado” para tratamiento de residuos de biorrecalcitrantes (ciclos aromáticos o polímeros complejos) en el agua, véase –entre otros: Garrec, Ronan, “Caracterisation photoélectrochimique de dioxyde de titane déposées sur verre –application aux vitrages auto-nettoyants”. Thèse INP Grenoble spécialité Electrochimie, Francia, 2001.

34. Según Mark Wiesner de la Rice University, el rol de algunas nanopartículas para procesos de tratamiento/biorremediación es limitado puesto que las nanopartículas en el agua al parecer tienden a pegarse unas a otras antes de fluir grandes distancias (Bridges, A., “Scientists encounter nano-problems: Nanomaterials don’t move predictably in water”, *MSNBC Online*, 14 de junio de 2004, disponible en <[www.msnbc.msn.com/id/4649014](http://www.msnbc.msn.com/id/4649014)>. Citado en Helland, Asgeir, “Nanoparticles: A Closer Look at the Risks to Human Health and the Environment”, Internacional Institute for Industrial Environmental Economics, Tesis de Maestría, Suecia, octubre de 2004: 19.

35. Apreciación en base a diversas pláticas con ingenieros de la zona de Rhône-Alpes (Francia, febrero-mayo de 2006). Según se indica, la potabilización mediante la filtración a nivel nanométrico en el sentido estricto de la palabra es innecesaria pues se puede obtener una filtración similar por la vía de la vaporización del agua mediante el uso de concentradores de energía solar, aunque con el inconveniente de tener que luego ionizarla. La nanoestructuración de catalizadores para procesos de tratamiento/potabilización de oxidación avanzada son factibles pero aún con grandes reservas sobre su viabilidad.

de *acceso* a reservas de agua ni tampoco necesariamente soluciona el inconveniente de los residuos que genera su filtración.<sup>36</sup>

Ello sugiere ser así porque en primer lugar, este proceso requiere de un previo acceso a fuentes de agua (por lo que no resolverá el problema de acceso de agua a comunidades que hoy por hoy carecen de este recurso, aunque sí potencialmente el de las aguas grises/negras de las urbes). En segundo lugar, la filtración de agua con novedosos filtros nanoestructurados sigue teniendo el problema del manejo de residuos y de lodos puesto que quedarían atrapados en el filtro o membrana, los que a su vez habría que reciclar o desechar (vía incineración, etcétera). Los impactos por la incineración de arenas nanoestructuradas, a saber, no son del todo conocidos. En tercer lugar, los efectos del consumo del agua filtrada por medio de este mecanismo no garantiza que esté libre de nanopartículas que se desprendan del “filtro”, ni tampoco de otras nanopartículas (nanoestructuradas) que podrían ya estar presentes en las aguas a filtrar. Además, esas nanoestructuras plausiblemente podrían ser reactivas y/o ensamblarse con las que componen la membrana nanoestructurada o las arenas nanoestructuradas; el resultado podría ser totalmente inesperado. Los impactos a la salud sobre el consumo de estas nanoestructuras tanto en el corto como en el mediano y largo plazo son desconocidos. Por tanto, aunque con potenciales beneficios, la nano-filtración o tratamiento de agua con nanocatalizadores acarrea consigo un importante grado de incertidumbre que debe investigarse, definirse y evaluarse.

Se trata de un ejercicio oportuno de frente a las exageradas expectativas de la nanotecnología “verde” que están siendo, en varias ocasiones, utilizadas como cartas de justificación del avance nanotecnológico como un todo a modo de evadir discusiones abiertas, públicas detenidas y profundas a cerca de su complejidad e implicaciones (sobre todo en aplicaciones altamente controversiales como la manipulación del cuerpo

36. Para una discusión sobre las reservas de agua y las problemáticas mundiales de acceso y calidad, véanse: Delgado, Gian Carlo, *Agua y Seguridad Nacional*, Arena Abierta, México, 2005; y Delgado, Gian Carlo, *Agua, usos y abusos*, CEIICH, UNAM. México, 2006.



humano para su “mejora” o el desarrollo de nanoarmas).<sup>37</sup> La cuestión es delicada pues en algunas ocasiones se llega incluso a sostener implícitamente que los beneficios están ahí claramente de cara a la crisis medioambiental global y no hay nada más que discutir a cerca de lo bueno que es toda aplicación nanotecnológica.

En un tenor similar aunque “más ponderado”, están los pronunciamientos que aseguran que “la nanotecnología resolverá los problemas medioambientales del nuevo milenio al extender los límites del desarrollo sustentable por medio de la manufactura ‘verde’ y la remediación ambiental”.<sup>38</sup> Afirmaciones que sin embargo, de no ser contextualizadas, se salen de todo enfoque moderado y precavido. Esto es porque en todos los casos es obligada una revisión de la dimensión del flujo de materiales y energía que implica la producción de bienes que hacen uso de nanoestructuras y/o nanoprocesos (Imagen 3) y que incluye la *mochila ecológica*<sup>39</sup> que arrastra cada material extraído del medio natural para su empleo como materia prima en la nanoestructuración; la cantidad de energía empleada en ese último proceso (a la que se suma la mochila ecológica de la infraestructura empleada); el contenido material y energético adicional para la manufactura del producto final (dígase una bola de golf); todos los gastos asociados a su transporte y comercialización; así como los costes ambientales (y a la salud) por la generación de desechos y nano-desechos en cada una de las

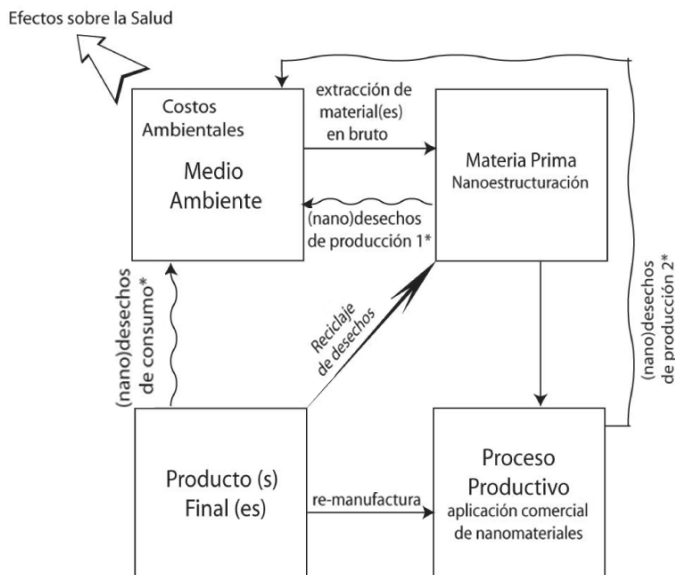
37. Para una discusión sobre el caso de la nanotecnología militar y algunas líneas de su regulación/limitación, así como para una aproximación metodológica para el diálogo en torno a las implicaciones de la nanotecnología (civil y militar) y su regulación, véase: Delgado-Ramos, mayo de 2006. ob cit.

38. Mihail Roco escribe textualmente: “... nanotechnology promises to extend the limits of sustainable development through ‘green’ manufacturing and environmental remediation” (Roco, Mihail, *Responsible of Nanotechnology. Environmental Science & Technology*, EE. UU., 1º de marzo de 2005: 107A).

39. Friedrich Schmidt-Bleek propone el concepto de “mochila ecológica a partir de desarrollar lo que denominó *Input Material por Unidad de Servicio* (MIPS – Materials Intensity Per Service Unit). Sintéticamente lo que el MIPS intenta medir son los flujos de materiales y energías que incorpora la extracción de un recurso o la fabricación y tiempo de vida de un producto. Véase: Schmidt-Bleek, Friedrich, *The fossil makers*, Boston, 1993. Disponible en la página del Factor 10 Institute de Austria: <www.faktor10.at>.

etapas anteriores<sup>40</sup> en paralelo al gasto energético y material del reciclamiento de aquellas que no sean biodegradables (en su caso).

**IMAGEN 3.** Flujo de nanomateriales y nanodesechos



Cada nanomaterial y/o nanoestructura tiene, por sus características físico-químico-biológicas, diversos impactos e implicaciones que varían según el producto y el tipo de vertido que las contiene (sólido, líquido, gaseoso).

**FUENTE:** Elaboración propia en base a la esquematización del “ciclo industrial de materiales” de Ayres (Ayres, Robert, “The Industrial Metabolism: Theory and Policy” en *The Greening of Industrial Ecosystems*, National Academy Press, Washington, 1994).

40. Por ejemplo en el caso de los procesos de producción de nanomateriales y nano-productos, se identifican vías de desecho de nanopartículas cuando se evacúan las cámaras de producción; en los residuos de filtros; durante el periodo de aplicación y/o secado de rociamientos con soluciones que contienen nanoestructuras o nanopartículas (por ejemplo para formar mediante autoensamblaje películas de materiales dados); en los remanentes de producción; en materiales de limpieza y otros equipos útiles; así como en accidentes, entre otras modalidades (EPA, 2 de diciembre de 2005: 46).

Aún más fuera de contexto resultan las indicaciones que, a sabiendas de que el avance nanotecnológico está fundamentalmente bajo el control de Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, hablan de la nanotecnología verde como “la” solución a muchos de los problemas del tercer mundo.<sup>41</sup> Bueno, por la vía de numerosas y crecientes oportunidades de importación de nanoprodutos y procesos, sostiene Allianz AG (Alemania).<sup>42</sup>

## La nanotecnología y el desarrollo de los países del Sur

Lo hasta aquí indicado da una pequeña muestra de las potencialidades y las incertidumbres de la nanotecnología, pero lo llamativo, más allá de las incertezas de la nanociencia y la nanotecnología, es el contexto social en el que tales supuestos beneficios están siendo desarrollados. Los mecanismos de su socialización, tal y como deja ver nítidamente Allianz AG, son de entrada excluyentes para el grueso de la población mundial que vive en la pobreza.

Ello quiere decir que aun si los supuestos beneficios, dígame en la generación de energía y tratamiento de agua por la vía de nanofotoceldas y nanomateriales, se concretizan de modo seguro para el medio ambiente y la salud, aún queda la cuestión de cómo hacerlos efectivamente funcionales para el desarrollo humano (lo que sea que por ello se entienda), sobre todo de los países del Sur.

El asunto rebasa los aspectos meramente científico-técnicos al quedar en gran medida definido por relaciones de clase y poder, dígame

41. Véase: Salamanca-Buentello, F., Persad, D. L., Court, E. B., Martin, D. K., Daar, A. S. y Singer, P., “Nanotechnology and the Developing World”, *PLoS Medicine*, 2(5). 2005: 0100-0103. Para una crítica a los autores, véase: Invernizzi, Noela y Foladori, Guillermo, “¿La nanotecnología como solución a los problemas de los países en desarrollo? Una respuesta y tres moralejas, *Euroresidentes*, España, abril de 2005.

42. Textual: “... *While research and development in nanotechnology is quite limited in most developing countries, there will be increasing opportunities to import nano products and processes*” (Lauterwasser, Christoph, *Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, Allianz AG, Center for Technology/OECD. Londres, junio de 2005: 22).

relaciones Norte-Sur. Esto es un aspecto ampliamente reconocido, en un grado u otro, por el grueso de especialistas en la temática, a pesar de las indicaciones arriba expresas de ciertos autores. Así fue identificado en una publicación<sup>43</sup> que recoge “tal cual” las concepciones sobre el avance e implicaciones de la nanotecnología de medio centenar de especialistas clave en varios países (nanotecnólogos, etcétera).

Recuperando algunos de sus señalamientos, por ejemplo, la ingeniera ambiental Nora Savage de la Environmental Protection Agency (Estados Unidos) indica que “... el potencial de la nanotecnología para resolver problemas prácticos en los países subdesarrollados no es algo muy claro. Ciertamente, lo nano tiene el potencial de aliviar la pobreza, incrementar las reservas de agua potable, proveer fuentes de energía no tan caras, e incrementar las reservas de alimentos. Sin embargo, también tiene el potencial de incrementar aún más la división económica y tecnológica entre los ricos y pobres; en resultar en alteraciones de las condiciones de suelos que podrían ser desastrosas en climas y ambientes particulares; en el incremento de materia en el ambiente; en estimular el desarrollo de más poderosas y baratas armas de destrucción; en reducir las democracias e incrementar las aristocracias; en la creación del mejoramiento de las funciones/capacidades del ser humano [lo que sea que signifique ello] para aquellos que puedan pagarlo, al tiempo que dejan al resto de la población sumida en la servidumbre, etcétera”.

Kathy Wetter de ETC Group (Canadá) entonces suscribía que independientemente de los potenciales peligros ambientales y a la salud y “... en un contexto solamente juicioso, sí, la nanotecnología puede resolver los ‘problemas prácticos’ de los países subdesarrollados. También puede haber beneficios ambientales globales mediante el reemplazo de materiales convencionales con nanomateriales. Pero, en un mundo en el que prevalece la privatización de la ciencia y la concentración corporativa sin precedentes, la posibilidad de que la nanotecnología ayude a resolver los problemas de los países pobres es baja. Engancharse al patentamiento de productos y procesos de nano-escala puede significar monopolios en los elementos básicos que son los bloques de construcción de la totalidad del mundo

43. Delgado-Ramos, mayo de 2006, ob cit.

natural. Tal situación hará más factible que las naciones en desarrollo participen en la ‘revolución nanotecnológica’ sólo por la vía de pagos de derechos. Si la actual tendencia continúa, las tecnologías a la nanoescala contribuirán a la concentración de poder económico en las manos de las multinacionales en lugar de resolver los problemas de los países pobres”.

En el mismo tenor, Niels Boeing, físico y periodista científico de Alemania, precisaba: “... todo parece que los países desarrollados están desarrollando la misma estrategia que han aplicado en el pasado en torno a la tecnología de la información, la biotecnología, la tecnología de manufactura, etcétera: asegurarlas mediante regímenes de propiedad industrial y consecuentemente anulando la posibilidad a los países subdesarrollados –que están descapitalizados– de alcanzarlos sin que tengan que volverse dependientes de la transferencia tecnológica”.

Más aún, Alejandro Pérez de Luque, de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía (España) precisó, “... pienso que los principales problemas prácticos de los países subdesarrollados no van a ser desarrollados a través de la nanotecnología. De hecho, no van a ser resueltos por ninguna tecnología desarrollada hasta ahora. Los principales problemas de los países subdesarrollados son ambos, los países desarrollados y las megacorporaciones que explotan sus recursos”.

Para Guillermo Foladori (Universidad Autónoma de Zacatecas, México), “... la nanotecnología será de poco avance, a menos que una enorme transformación de la estructura socioeconómica tenga lugar en paralelo. Los problemas de los países subdesarrollados no son tanto de una falta de tecnología, sino de relaciones socioeconómicas. Una nueva revolución tecnológica no ayudará mucho, y en algunos casos podría incluso empeorar las disparidades”.

Por tanto, de frente a estos señalamientos, entre otros, se puede decir que a pesar de que la nanotecnología tiene potenciales beneficios, éstos no necesariamente se verán reflejados en la solución de necesidades básicas, dígase energía o agua.

## A modo de reflexión final

Dadas las características, tanto de la nanotecnología como del contexto y la modalidad en la que ésta es desarrollada, los potenciales beneficios bien podrían no verse reflejados en el beneficio de la población más pobre, particularmente aquella de los países del Sur. Si bien es cierto que por ejemplo en estos países la gran disponibilidad de luz solar permitiría en particular un gran aprovechamiento de cualquier avance mayor en la tecnología de las fotoceldas, no queda del todo claro que ello se vaya a concretizar. Un bajo coste de las nanofotoceldas podría eventualmente permitirlo aunque ello no resolvería en ningún momento la condición subordinada y dependiente de los países periféricos, a menos que tales tecnologías se desarrollen domésticamente.

En el caso de una mayor transferencia de tecnología, los países del Sur se verán obligados a recurrir a un mayor endeudamiento y consecuentemente a una intensificación de la extracción de recursos naturales y de explotación de la población. En tal sentido, la transferencia de por ejemplo nanofotoceldas, tendría que ser analizada y balanceada entre el costo ambiental y humano que implicará ese endeudamiento, de cara al ahorro económico y a las problemáticas que eventualmente podrían solucionar, todo al mismo tiempo que se consideran otros costos como lo serían los arrojados por el eventual desecho y/o reciclaje de las mismas y los eventuales costos al medio ambiente y a la salud. Lo mismo es aplicable al uso de nanoprosesos/nanomembranas para el tratamiento y/o potabilización del agua.

Por tanto, asumiendo que los potenciales peligros de la nanotecnología son “bien” contenidos (algo altamente complejo e incierto), aún queda por ver si en efecto ésta puede ser fundamento técnico para solucionar ciertas necesidades humanas, en qué medida y en beneficio y bajo control de quién(es). Por lo pronto es claro que, al menos en el corto-mediano plazo, ello difícilmente sucederá para beneficio de los países del Sur y la mayoría de su gente.



# El estudio de la innovación desde el Sur y las perspectivas de un *nuevo desarrollo*

RODRIGO AROCENA  
JUDITH SUTZ<sup>1</sup>

## Presentación

En América Latina, y probablemente también en otras regiones de lo que antaño se denominaba el “Tercer Mundo”, la problemática del desarrollo está cobrando nueva actualidad. Relegada durante demasiado tiempo, vuelve a escena impulsada por los fracasos de las políticas dominantes desde la década de 1980 y, sobre todo, por las urgencias sociales y los reclamos ciudadanos consiguientes. La labor académica debe colaborar, con tanta modestia como tesón, a la búsqueda de alternativas mejores a las hasta ahora ensayadas. Hace falta promover un gran debate. Como

1. Una versión preliminar de este trabajo fue preparada en 2004, con ocasión del séptimo aniversario de la constitución de la “Rede de Pesquisa em Sistemas e Arranjos Produtivos Inovativos Locais”, RedeSist, que coordinan José Cassiolato y Helena Lastres desde el Instituto de Economía de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Desde 1997 hemos tenido el privilegio de colaborar con RedeSist. Sus promotores combinan generosidad académica, capacidad científica y preocupación social; el apoyo de los colegas brasileños ha sido fundamental para llevar adelante nuestra labor en Uruguay. Es un gusto señalar que nuestro enfoque ha sido construido, en particular, mediante contribuciones a algunas de las publicaciones emanadas de RedeSist (Sutz, 1999; Arocena, 1999; Arocena y Sutz, 2003 b).



pequeña contribución al mismo, sintetizamos apretadamente en las páginas que siguen una línea de investigación que lleva a ciertas sugerencias para un *nuevo desarrollo*.<sup>2</sup>

## La innovación desde el Sur

La nueva centralidad del conocimiento ha alterado profundamente todas las constelaciones del poder social. La consiguiente relevancia de los procesos de aprendizaje e innovación ha trastocado en particular la problemática del subdesarrollo. Con todos sus méritos, las concepciones predominantes en el pensamiento latinoamericano sobre el desarrollo desde los cincuenta a los setenta no prestaron suficiente atención a las cuestiones involucradas en los cambios científicos y tecnológicos. Sin desmedro de ello, se registraron algunas contribuciones pioneras, poco atendidas en su momento, que conservan aún hoy notable vigencia. Si las ideas por entonces prevalecientes no estuvieron a la altura de los desafíos emergentes, menos lo estuvieron las prácticas. Como consecuencia, en la crisis de los ochenta se desdibujó lo que cabe denominar *la concepción latinoamericana clásica del desarrollo*, tanto en sus variantes “cepalinas” como en las “dependentistas”. Sus contribuciones sustanciales fueron casi olvidadas durante los años siguientes.

Orienta nuestro estudio de la innovación desde el Sur la intención de combinar la teorización de la innovación técnico-productiva, tan ricamente elaborada en algunos ámbitos del Norte desde la década de 1980, con el análisis de la especificidad de la “condición periférica”, propósito este último plenamente vigente de la concepción latinoamericana clásica del desarrollo.

La idea es poner a prueba la validez, para el estudio de la innovación “realmente existente” en nuestros países, de ciertos elementos conceptuales —particularmente los que condujeron a la elaboración de la teoría de los

2. Para un tratamiento más pausado de la temática “subdesarrollo e innovación” en general y de ciertos conceptos en especial nos referimos a los trabajos mencionados al final y, en especial, a Arocena y Sutz, 2003 a, 2005 a.

Sistemas de innovación (sis)<sup>3</sup>— y, a la inversa, reconsiderar estos conceptos a la luz de tal estudio. Ese doble movimiento muestra a nuestro juicio que: a) la teoría de los sis es una herramienta conceptual muy útil para el estudio de los procesos sociales de innovación en el Sur, o al menos en nuestro Sur latinoamericano; b) para dar cuenta de tales procesos, ciertos elementos de la teoría en cuestión deben ser revisados y aun modificados sustancialmente; c) algunas de esas modificaciones son fundamentales también para el estudio de la innovación en el Norte. No se trata pues de trasladar la teoría desde el Norte, ni tan sólo de adaptarla al Sur, sino de ponerla a prueba, aprovecharla y discutir con ella *desde el Sur*.

La conceptualización de los procesos de innovación ha tenido lugar a partir de estudios empíricos que, entre otros aspectos, pusieron de manifiesto el carácter “sistémico” de la innovación en el Norte. En ciertos casos, ese carácter llega a expresarse en un conjunto relativamente estable e “institucionalizado” de relaciones entre diversos organismos —empresas, agencias gubernamentales, centros de investigación, bancos, entidades gremiales, etcétera— que constituyen así un “sistema”, como el que Freeman (1987) analizó en un memorable estudio sobre Japón que constituye uno de los cimientos de la teoría de los sis.

En el Sur, no se puede dar por supuesto que la innovación tenga carácter sistémico. Se realiza, por cierto, a través de vínculos e interacciones entre actores diversos, pero unos y otras suelen ser frágiles, episódicos y escasos. Los Sistemas de innovación son más potenciales que reales. Esto tiene importancia teórica pero sobre todo práctica: las políticas para la innovación en el subdesarrollo no pueden dar por sentado que los “sistemas” existen y funcionan como tales.

Cuando se estudia la innovación “realmente existente” en los países subdesarrollados quizás lo primero que impacta es su carácter altamente *informal*, tanto en la actualidad como en décadas anteriores. A tal punto esto es así que la aplicación de las encuestas diseñadas en el Norte llevaría a concluir que prácticamente la innovación no existe en el Sur. Tal conclusión sería profundamente equivocada, tanto si la referimos al presente

3. Las referencias básicas al respecto incluyen a Freeman, 1987, Dosi *et al.*, 1988, Lundvall, 1992, Nelson, 1993 y Edquist, 1997. Una revisión reciente se ofrece en Lundvall *et al.*, 2002.

como al pasado. Sin embargo, ha sido afirmada por muchos, en particular por algunos críticos maniqueos de las políticas prevalecientes durante la industrialización por sustitución de importaciones (isi), pese a que ha sido sobradamente demostrado que durante ese período hubo innovación en América Latina (Katz, 1994).

La innovación en el Sur suele también ser *intersticial*, en el sentido en el que Michael Mann (1986, 1993) concibe el surgimiento de las nuevas relaciones de poder, aludiendo al análisis ofrecido por Marx de la emergencia del capitalismo en los “poros” de la sociedad feudal. En efecto, la innovación en América Latina suele tener lugar en los márgenes de las principales relaciones de poder económico, político y cultural, e incluso en contra de ellas. Así por ejemplo, la innovación técnico-productiva (que aquí llamamos innovación a secas en aras a la brevedad) ha sido severamente perjudicada en nuestra región por los niveles prevalecientes de valoración cultural de la técnica y del trabajo manual, muy inferiores a los que se registran en los países cuyas experiencias históricas sirvieron de base para la elaboración de la teoría de los sis.

Pese a ello, un grado sustancial de innovación ha existido y existe en América Latina. Los trabajos de RedeSist lo han puesto claramente de manifiesto en el caso de Brasil (Cassiolato y Lastres, 1999, 2000; Cassiolato, Lastres y Maciel, 2003; Lastres, Cassiolato y Arroio, 2005). El análisis de una serie de encuestas realizadas en distintos países de la región en diferentes momentos (Sutz, 2004) ofrece una visión de conjunto y posibilita sugestivas comparaciones con el panorama en el Norte.

En muchas partes del continente, si bien por lo general con escasa frecuencia, se encuentran *circuitos innovativos*, definidos como el encuentro y la interacción entre un actor que tiene un problema que exige soluciones nuevas y un actor con la capacidad de aportar el conocimiento necesario para la construcción de tales soluciones. Notemos de pasada que la innovación en general, y no solamente en lo técnico-productivo, suele ser el resultado de un “encuentro” entre actores diferentes (Toynbee, 1972).

En los circuitos innovativos desempeñan frecuentemente un papel destacado los equipos que cabe llamar *sastres tecnológicos* –muy a menudo pequeñas empresas de base tecnológica– porque disponen de

las capacidades para encontrar conocimiento relevante y adaptarlo “a la medida” del problema específico, de sus requisitos técnicos, de sus restricciones económicas y de su contexto social. Por supuesto, las funciones de los sastres tecnológicos son importantes en el Norte, pero quizás lo sean aún más en el Sur, donde la tarea de adaptación suele ser más complicada e incluso requerir mayores cuotas de inventiva, ya que la mayor parte del conocimiento disponible ha sido elaborado atendiendo a las especificidades de otras realidades.

Los circuitos innovativos son “células” de los Sistemas de innovación. En el Norte, son numerosos y variados; están bien conectados entre sí y con otros componentes del “sistema”; a menudo son protegidos y conocen vidas bastante largas. En el Sur el panorama es distinto; los circuitos innovativos suelen tener que defender su existencia en los intersticios de las relaciones de poder predominantes y frecuentemente sucumben. Un ejemplo que, por su carácter paradigmático, hemos mencionado más de una vez es el circuito innovativo generado en Uruguay entre un laboratorio empresarial operando como sastre tecnológico y productores agropecuarios, que llevó a elaborar una vacuna contra la aftosa más barata y eficiente que las hasta entonces disponibles, lo cual a su vez colaboró a erradicar la enfermedad del país. Una combinación de circunstancias –incluyendo reglamentaciones vetustas, desatención a nivel político e ideológico y presiones de los importadores de vacunas– obligó al desmantelamiento del laboratorio. Cuando, poco después, la aftosa retornó a Uruguay, se pagó muy caro por ello, en particular debido a los costos de las vacunas importadas.

La teorización de los sis asume por lo general que la innovación es un fenómeno positivo; hay buenas razones para ello, que no es preciso recordar aquí. Pero el fenómeno suele tener asimismo facetas negativas; se trata de procesos sociales donde frecuentemente hay perdedores además de ganadores. Ello ha sido destacado con particular vigor por los estudios acerca de la difusión de las innovaciones (Rogers, 1995). Asimismo, las consecuencias ambientales de la innovación pueden tener signo muy variado, lo que ha llevado a proponer la noción de “sistemas de innovación sustentables” (Segura, 2000).

El carácter socialmente traumático de tantos procesos de innovación es uno de los rasgos mayores de la historia del subdesarrollo, pero también se registra en otros ámbitos. En suma, el estudio de la innovación desde el Sur lleva a proponer que la teoría debiera prestar mayor atención, también en el Norte, a las relaciones de poder y a los conflictos involucrados.

Esa dimensión es especialmente notoria cuando se concentra la atención en la innovación basada en las ciencias de la vida (Arocena y Sutz, 2003 c, d; 2005 b). Los conflictos vinculados con los organismos genéticamente modificados, el patentamiento de la biodiversidad, la clonación y varios otros asuntos tienden a hacerse más agudos. En el marco de una emergente *sociedad capitalista del conocimiento* difícilmente pueda ser de otra manera: en esos conflictos está en juego la distribución de beneficios y perjuicios ligados al nuevo papel del conocimiento; en ellos se pone en evidencia la poderosa tendencia a la mercantilización del conocimiento; en su contexto se corrobora asimismo la creciente importancia de las ciencias de la vida. Esto último se conecta directamente con el lugar asignado a las relaciones de poder en la teoría de los sis; su elaboración ha estado poderosamente influida por la expansión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICS) así como por su incidencia en los procesos de innovación; si bien el auge de las TICS no ha estado en absoluto exento de conflictos, éstos no han alcanzado la envergadura de los que contemplamos a medida que se incrementa la gravitación de la innovación en las ciencias de la vida.

Por otra parte, y en una veta más positiva, conviene recordar que esas disciplinas son las “reinas” de las ciencias en casi toda América Latina, por lo cual los diferenciales de conocimiento con el Norte son relativamente menores que en lo que se refiere a las disciplinas en las que se basan las TICS. En otras palabras, el auge de las ciencias de la vida es también una oportunidad para nuestro Sur.

En la bioinnovación, las interacciones y los actores involucrados son especialmente variados. Ello realza un aspecto fundamental de la teoría general de los sis: su énfasis en lo *relacional*. La teoría lleva a centrar la atención en la *conectividad* de los sistemas, reales o potenciales, en la existencia, densidad y caracteres específicos de los vínculos entre actores. Se constata por ejemplo que, en América Latina, es bastante

mayor la conectividad de los sis agrarios que la de los industriales (Arocena y Sutz, 2000). Esto tiene que ver, entre otros factores, con que el conocimiento necesario para la innovación en el sector agrario es en gran medida dependiente del contexto, lo que ha llegado a ser ampliamente reconocido; en el caso industrial, en cambio, la necesidad de complementar con conocimiento local la importación de tecnología es mucho menos comprendida, lo que explica en parte la débil conectividad de los correspondientes sis.

La centralidad de lo relacional ya había sido certeramente analizada por Jorge Sabato (1975), como parte de su pionera contribución desde América Latina al estudio de la innovación. El tratamiento que Sabato ofrece del *problema de las interacciones* anticipa de alguna manera el papel que han tenido en la teoría de los sis los estudios sobre las relaciones entre usuarios y productores de innovaciones (Lundvall, 1985, 1988). Ambos enfoques llevan a proponer la noción de *espacios interactivos de aprendizaje*, caracterizados como ámbitos relativamente estables de relaciones entre actores diferentes que, sin mengua de conflictos entre ellos, cooperan desde sus distintas dotaciones de conocimientos a la solución de problemas no triviales, en el curso de lo cual amplían esos conocimientos y fortalecen sus capacidades para la innovación. La noción de espacios interactivos de aprendizaje se inspira también en la idea de ver a la innovación como capacidad para resolver problemas, propia de la concepción evolucionista del cambio técnico (Nelson y Winter, 1982). Apunta asimismo a subrayar la íntima relación entre aprender y resolver problemas.

Cuando los circuitos innovativos se afianzan, abordan nuevos problemas, eventualmente se vinculan entre sí y/o establecen relaciones más o menos estables con otros actores; así surgen espacios interactivos de aprendizaje. Un circuito innovativo generado por el “encuentro” entre el Secretariado Uruguayo de la Lana y el Laboratorio de Evolución de la Facultad de Ciencias del mismo país llevó a la solución de un problema de determinación del tipo de lanas, se vinculó con diversos productores y amplió su radio de acción a otros problemas; así puede germinar un espacio interactivo de aprendizaje. El sastre tecnológico del abortado circuito innovativo de la aftosa en Uruguay reapareció en otro circuito, también de bioinnovación, en este caso motivado por otras enfermedades

bovinas; la empresa en cuestión, sus propios servicios de extensión, los productores vinculados y el Laboratorio de Virología de la Facultad de Ciencias están conformando otro espacio interactivo de aprendizaje. Los ejemplos podrían multiplicarse en otras latitudes (para el caso de Costa Rica, véase Segura, Gregersen y Johnson, 2004).

Si los circuitos innovativos son células nacientes en los sis, los espacios interactivos de aprendizaje son células o tejidos ya maduros. Son algo así como los “micro componentes” de los sis, donde se concretan “macro vínculos” como los indicados por los “lados” del “triángulo de Sabato” para el desarrollo técnico-productivo, cuyos “vértices” son el sector productivo, el Estado y la academia (véanse Sabato y Botana, 1968, Sabato, 1975).

Tanto el triángulo de Sabato como los sis son herramientas conceptuales idóneas para la formulación de políticas. Este es un terreno pedregoso por el que conviene caminar lentamente. No se puede decretar la creación de un Sistema Nacional de Innovación, según lo ha proyectado algún gobierno latinoamericano, como si se tratara de establecer alguna nueva repartición pública con determinados cometidos. La teoría de los sis los presenta ante todo desde un enfoque empírico: se trata de dar cuenta de elementos de la realidad, enraizados en dinámicas sociales profundas y de larga data (a este último respecto véase el sugestivo trabajo de Freeman, 1999). En principio, los sis no son ni “buenos” ni “malos”. Sin embargo, como sucede en general con las cuestiones sociales, la teoría de los sis sugiere combinar sin confundir enfoques empíricos con enfoques normativos, propositivos y aun prospectivos.

Por supuesto, no existe el sistema de innovación “óptimo”; cualquier intento de hacer “benchmarking” comparando los sis con alguno de referencia contradice la especificidad sociocultural, históricamente forjada, de los sistemas o protosistemas de innovación. No en balde se insiste en que la innovación, como todo proceso social, es “path-dependent”, vale decir, está altamente condicionada aunque no necesariamente determinada por la trayectoria previa. Aún así, la teoría de los sis incluye un *aspecto normativo*: un sistema “mejora” si, en paralelo, su conectividad se hace más densa, la cooperación entre actores prima sobre los conflictos, se multiplican los espacios interactivos de aprendizaje y la innovación se orienta preferentemente a la satisfacción de genuinas necesidades colectivas. En

consecuencia, los sis son también legítimos *objetos de política*: la teoría lleva a formular propuestas, que no implican la pretensión de crear sistemas por decreto, pero que pueden sí apuntar a fortalecer vínculos, a estimular aprendizajes y a orientar la innovación hacia la solución de problemas sociales sustantivos. Y la misma teoría incluye una *dimensión prospectiva*, en tanto pone de manifiesto la gravitación de ciertas tendencias que es imprescindible analizar si se quiere anticipar peligros y oportunidades.

La teoría de los sis pone sistemáticamente en el centro de la atención las relaciones “bidireccionales” entre técnicas e instituciones. En este sentido, se ubica en la mejor tradición de los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), la que analiza prioritariamente las interacciones de las dinámicas de la generación y uso de conocimientos con las relaciones sociales generales, en el marco de las cuales aquellos procesos tienen lugar. Esta concepción “interaccionista” del campo CTS se remonta entre otros a uno de sus padres fundadores, John D. Bernal (1979), y a varios de sus antepasados más famosos, como el propio Marx. Tal concepción permite aprovechar lo que surge tanto de los estudios “internalistas” de la evolución de la investigación como de los estudios “externalistas” acerca de los condicionamientos sociales de la creación de conocimientos, sin por ello caer por un lado en el “internismo” de considerar a la creación científica como un proceso que se explica por sí mismo o en el determinismo tecnológico, ni por el otro lado en la suposición de que la sociedad “determina” todos los resultados de la investigación.

El énfasis de la teoría de los sis en lo institucional muestra su fecundidad en un libro no demasiado citado sobre los países pequeños ante la revolución tecnológica (Freeman y Lundvall, 1988); allí pueden encontrarse algunos de los aportes pioneros de la teoría. Es una rica contribución para analizar las perspectivas de los pequeños países periféricos. Cuando se busca conectar lo mejor de la teorización moderna de la innovación con lo más perdurable del pensamiento latinoamericano clásico sobre el desarrollo, llama poderosamente la atención cierta sintonía entre ese libro (que por cierto se refiere a pequeños países del Norte) y una contribución casi olvidada de un polifacético intelectual uruguayo (Real de Azúa, 1977): ambos vienen a decir que, en “países de cercanías” socialmente hablando, donde distintos actores tienen especial



facilidad para conectarse y conocerse, lo institucional es a la vez la gran oportunidad y un riesgo mayor. Que se haga realidad lo uno o lo otro depende en buena medida de si los intereses sectoriales pueden insertarse en visiones más amplias que fomentan la cooperación y los “juegos de suma positiva” o, por el contrario, si en las permanentes interacciones propias de la pequeña dimensión la primacía de los intereses grupales resulta paralizante. La sociología y el análisis político del comportamiento de los actores siempre son importantes para la comprensión de las dinámicas de la innovación; lo son sobre todo en los “ámbitos pequeños”, vale decir en los espacios dotados de cierta unidad geopolítica, histórica y sociocultural, donde los actores suelen encontrarse “cara a cara”.<sup>4</sup>

Parafraseando el título del libro mencionado antes, sugerimos que una tarea pendiente es la de realizar un estudio comparativo de los pequeños ámbitos periféricos ante los desafíos de la innovación.

En general, para avanzar en la elaboración de la teoría de los sis conviene insertar la dimensión institucional de los estudios de la innovación en el análisis general del comportamiento de los actores involucrados. Por esta vía aparece una pista para intentar superar la dicotomía entre mercado y Estado, que ha virtualmente paralizado al pensamiento sobre el desarrollo. El debilitamiento contemporáneo de los planteos “mercado centrados” abre una nueva oportunidad, no para volver atrás a propuestas “estadocéntricas” sino para avanzar hacia algo nuevo. Enfoques ampliamente divulgados (véanse por ejemplo varias de las contribuciones al volumen colectivo editado por Meier y Stiglitz, 2001, y en particular la de Hoff y Stiglitz) analizan las funciones necesarias pero inevitablemente parciales que deben y eventualmente pueden cumplir mercados y Estados. Ese es un marco de referencia adecuado para procurar ir más allá de la contraposición paralizante. A ello apunta, por ejemplo, el “modelo asociacional” que Cooke y Morgan (1998) proponen a partir de su estudio de ciertas regiones –relativamente pequeñas y altamente innovativas– en el Norte. En una sintonía comparable, una de las conclusiones del análisis de la innovación desde el Sur (Arocena y Sutz,

4. En tales ámbitos cobran especial importancia las diversas facetas del llamado “capital social”, que Albagli y Maciel (2003) discuten con relación al desarrollo local.

2002) es que la teoría de los sis ofrece elementos valiosos para repensar el desarrollo desde enfoques centrados no en el Estado ni en el mercado sino en la pluralidad de actores.

## Hacia un *nuevo desarrollo*

Ante la nueva gravitación del conocimiento –cuantitativamente muy superior y cualitativamente diferente aún a la del pasado cercano–, el subdesarrollo aparece cada vez más como escasez de capacidades para producir y coordinar, para aprender a resolver problemas y para resolverlos aprendiendo. Ello se refleja en los avatares de economías relativamente frágiles y, sobre todo, en la muy poco alentadora situación social. Si en Europa suele hablarse de una sociedad de dos tercios, pues un tercio no llega a estar integrado, en América Latina a lo sumo un tercio de la población total puede considerarse integrado (Franco y Saenz, 2001).

Los estudios sobre la innovación tienden desde hace ya varios años a destacar cada vez más la relevancia de los procesos de aprendizaje (Lundvall, 1992; Lundvall y Johnson, 1994; Lundvall y Borrás, 1997). Su incidencia en la problemática del subdesarrollo es especialmente clara si se tiene en cuenta que dos tipos de oportunidades inciden decisivamente en la construcción de capacidades: i) las oportunidades de aprender estudiando, particularmente en el sistema formal de enseñanza; ii) las oportunidades de aprender haciendo y resolviendo, vale decir, trabajando en contextos donde la resolución de problemas demanda tanto usar de manera no rutinaria los conocimientos disponibles como ampliarlos sistemáticamente. Los países subdesarrollados son comparativamente pobres en ambos tipos de oportunidades.

En lo que se refiere a las posibilidades de estudiar, recordemos tan sólo que en el Norte más del 50% de los jóvenes del correspondiente tramo de edad acceden a la enseñanza terciaria, proporción que en países como Estados Unidos trepa al 80%, mientras que en América Latina el promedio está bastante por debajo del 30%; el diferencial se amplía si, además de indicadores cuantitativos, se consideran aspectos cualitativos. Ahora bien, no basta tener en cuenta sólo las capacidades que brinda la

educación: atención por lo menos igual merecen las oportunidades de usar efectivamente tales capacidades. En los países subdesarrollados, las mismas son escasas y aún así se desaprovechan; el fenómeno de la fuga de cerebros lo pone en evidencia. Ello tiene que ver con algo ya destacado: mientras que el Norte es rico en espacios interactivos de aprendizaje, que demandan capacidades avanzadas y las amplían, el Sur es más o menos pobre en tales espacios y en otras oportunidades para aprender resolviendo.

Dado que hay que tener en cuenta dos tipos de oportunidades, las diferencias en materia de aprendizaje constituyen un fenómeno “bidi-mensional” del que la figura siguiente pretende dar una idea.



El uso de otros indicadores para estimar unas y otras oportunidades modificaría en cierta medida las posiciones relativas de cada país pero, en cualquier caso aparecería una clara separación entre Norte y Sur. Ella ilustra las *divisorias del aprendizaje*, aspecto mayor de la problemática actual del subdesarrollo.

Las divisorias del aprendizaje generan las formas actuales del “intercambio desigual” entre las periferias y los centros: grosso modo, el valor agregado de conocimientos y calificaciones de los bienes y servicios exportados es bajo en las primeras y alto en los segundos.

Por supuesto, el “Norte” es heterogéneo y mucho más lo es el “Sur”. En este último cabría distinguir entre “semiperiferias” –caracterizadas por una industrialización relativamente avanzada y diversificada–, “paleoperiferias” –cuya relación con los “centros” sigue basada en la exportación de materias primas–, “neoperiferias” –donde esa relación está cambiando hacia por ejemplo un papel mucho mayor de la exportación maquiladora– y zonas “marginales”, escasamente conectadas con la economía internacional. No nos detendremos en esta cuestión, una muy primaria aproximación a la cual hemos ensayado en otra parte (Arocena y Sutz, 2003 e) a partir de una clasificación de los LICs (Learning, Innovation and Capacity building Systems). Lo que importa señalar es que, sin desmedro de distinciones como las recién sugeridas, lo definitorio no es hoy el intercambio de bienes “primarios” por bienes manufacturados; ciertas etapas de la industria incorporan poco valor de conocimiento y calificación, mientras que en numerosas prácticas agropecuarias ese valor puede ser muy alto, incluyendo toda una batería de disciplinas “de punta”. Esa diferencia de valor es la característica definitoria de ese intercambio; éste puede llegar a ser aún más desigual que en el pasado en la medida en que su propia lógica tiende a ahondar las divisorias del aprendizaje.

Semejante tipo de intercambio predomina en las relaciones económicas de América Latina con el mundo, que han devenido cada vez más estrechas tras el agotamiento del “crecimiento hacia adentro” motorizado por la ISI. En tal sentido, cabe hablar de la *reinserción neoperiférica* de América Latina en la economía internacional. Múltiples trabajos dan

cuenta de diversas facetas de tal proceso, incluyendo los ya citados de RedeSist y los de Katz (2003, 2004, entre varios otros).

El proceso en cuestión incluye numerosos casos de *desaprendizaje*. Un ejemplo mayor lo constituye el desmantelamiento de grupos especializados que suele acompañar a la privatización de empresas públicas que operan en ramas donde la demanda tecnológica es dinámica y sofisticada; se trata de fuentes de aprendizaje potencial, que se pierden cuando los nuevos propietarios extranjeros redireccionan esa demanda enteramente hacia sus países de origen. Conviene recordar que las empresas estatales han jugado a menudo un papel mayor en la comprensión de que hace falta promover en el propio país la I+D empresarial en general (para el caso de Brasil, véase Villaschi, 1994: 157-159). En los trabajos a los que hemos aludido en el párrafo anterior pueden encontrarse varios otros ejemplos de desaprendizaje.

Los procesos de apertura, privatización y desregulación han incrementado sensiblemente la gravitación de las empresas extranjeras en América Latina. En ciertos casos, ello ha conducido a que plantas instaladas en la región operen cerca de la frontera tecnológica, con altos rendimientos y potenciales eslabonamientos “hacia adentro”. Pero estos últimos serán débiles si disminuye el contenido local de “ingeniería” para la innovación y la adaptación, según se ha constatado en numerosos casos, y más en general, si se vuelca predominantemente “hacia afuera” la demanda de conocimientos y calificaciones de alto nivel. En su etapa de “crecimiento hacia afuera” de base primario-exportadora, América Latina conoció un tipo de inserción periférica en la economía mundial tal que el avance tecnológico provino sobre todo de las filiales de empresas extranjeras instaladas en la región, varias de las cuales sin embargo operaban como “enclaves” externos con tenues eslabonamientos internos. No está descartado que fenómenos semejantes se registren en el marco de la reinserción neoperiférica en curso.

En cualquier caso, la situación actual de América Latina está signada por la fragilidad económica y el deterioro social. En 2003, la transferencia neta de recursos de la región al exterior siguió siendo negativa, alcanzando a 29.000 millones de dólares, lo que refleja la magnitud de los intereses de la deuda y de las remesas de utilidades. La inversión llegó

a sus niveles más bajos desde inicios de la década de 1970: la formación bruta de capital fijo rondaba en promedio el 18% del PBI. Por otra parte, el 44% de la población, 227 millones de personas, estaban en ese momento por debajo de la línea de pobreza. (CEPAL, 2003). Ello significa que la proporción de pobres era en 2003 mayor que hace un cuarto de siglo y que el número de personas pobres era bastante mayor que la población total de América Latina hace medio siglo.

Sin embargo, se ha abierto una “ventana de oportunidad” para avanzar hacia perspectivas más alentadoras. La oportunidad proviene de la erosión relativa, ya señalada, de los paradigmas neoliberales y, sobre todo, de los agudizados reclamos sociales en pro de cambios; además, un “sexenio perdido” (CEPAL, 2003) llegó a su fin y se reanudó el crecimiento, aunque en difíciles condiciones económicas y políticas. ¿Se podrá aprovechar esta “ventana” –seguramente pequeña y probablemente transitoria– para pasar a una etapa en la que tome fuerza un *nuevo desarrollo*?

Cuando la cuestión del desarrollo recobra cierta vigencia, puede ser útil clarificar la terminología. Conviene en particular repetir que crecimiento, desarrollo económico y desarrollo propiamente dicho, si bien obviamente vinculados, son tres conceptos que es imprescindible distinguir. Más aún, hace falta a nuestro juicio profundizar la discusión de por qué el desarrollo no puede identificarse con el “catching up”, vale decir, con “alcanzar” a los países considerados avanzados.

Ello es así, en primer lugar, por una enseñanza de la historia: desde que, con la Revolución Industrial, Gran Bretaña se adelantó claramente en lo técnico-productivo, todos los países que han “alcanzado” a los vanguardistas o al menos escapado a la “condición periférica” lo han hecho siguiendo trayectorias que han estado lejos de copiar a las de sus predecesores. Una de las causas de ello es que los países exitosos en todos los períodos se han ocupado de “patear la escalera” (véase Chang, 2002) por la que habían subido para evitar que otros lo hicieran. Pero la causalidad es más profunda: no existe la “escalera” del desarrollo. Este, como vigorosamente lo afirmaba la concepción latinoamericana clásica, sólo puede ser un proceso de cambio integral; por consiguiente, no puede sino seguir trayectorias específicas, dependientes en cada caso de la historia, de los recursos, de la constelación del poder tanto interno como

externo y de las capacidades disponibles. Se debe aprender de todos, particularmente de los que han mostrado mayor creatividad, pero no se debe copiar a nadie –ni a Inglaterra ayer ni a Taiwán o Irlanda hoy. Lo que tienen en común las experiencias relativamente exitosas es ante todo su originalidad.

Ahora bien, no sólo corresponde descartar el “catching up” como estrategia, camino recomendado o “escalera”, sino también como meta: el objetivo del desarrollo no puede ser alcanzar por alguna vía los niveles de producción y consumo que hoy tienen los países ricos. Plantear semejante meta restringe las posibilidades de desarrollo, en el mejor de los casos, a unos pocos países. Su generalización resultaría ecológicamente insustentable; basta imaginar lo que sería un mundo con tantos automóviles por cabeza como los que hoy tiene Estados Unidos. También aquí la historia tiene no poco para decir: Furtado (1992) ha recordado con elocuencia cómo el consumo conspicuo de las elites latinoamericanas, su vocación por imitar a las clases pudientes de Europa y Estados Unidos, se ha constituido en una traba mayor para el desarrollo. En años recientes, el comportamiento rentístico de esas elites ha vuelto a ser impactante (véase Palma, 2003: 146).

El desarrollo no puede generalizarse si no se revalorizan ciertas pautas de frugalidad y austeridad; implica pues transformaciones profundas también a nivel de los valores y las costumbres.

En los propios países “centrales” la aspiración al consumo conspicuo impulsa derroches mayores, riesgos técnicos y ecológicos, agravamiento de la desigualdad y debilitamiento de los tejidos sociales, con secuelas tan conocidas como indeseables. No les es ajena la necesidad de revisar sus propios “estilos de desarrollo”.

Más todavía, y para decirlo sin mayor sofisticación: ¿cuántos países pueden plantearse con una mínima cuota de realismo la meta de ser otra Corea? Para la inmensa mayoría del Tercer Mundo, el propósito de “alcanzar” al Norte es simplemente inviable. Por encima de todo, no es en tales términos que se define lo que sus poblaciones necesitan ni lo que está a su alcance realizar.

El “catching up” es, en tanto propósito general para el Sur, ecológicamente insustentable, prácticamente inviable e incluso éticamente discutible. El desarrollo no es ni una escalera ni un lugar o escalón a alcanzar; tiene que definirse en sí mismo. Para ello, un fructífero punto de partida es caracterizarlo, siguiendo a Amartya Sen (1984, 2000, 2001), como *expansión de las capacidades y las libertades* de los seres humanos, capacidades para afrontar carencias y dificultades, libertades para cultivar formas de vida significativas y valiosas. La caracterización comienza donde se debe, en lo normativo, pero va más allá pues, como Sen lo resalta una y otra vez, la expansión de capacidades y libertades es tanto la meta definitoria como la principal herramienta del desarrollo. Se dibuja así una visión “activista” –con énfasis en la “agency”–, pues las personas involucradas no son vistas como “pacientes” de las políticas o las ayudas sino ante todo como “agentes” (Sen, 2000: 18-19, 137).

A partir de allí, el desarrollo en tanto transformación integral debe combinar las facetas siguientes: a) el *desarrollo humano*, en tanto mejora de la calidad de vida de la gente, sin lo cual no hay real expansión de las libertades; b) el *desarrollo sustentable*, en tanto preservación en el presente de los recursos que permitirán a las generaciones futuras atender a su propia calidad de vida; c) el *desarrollo económico*, en tanto elevación no sólo cuantitativa sino también y fundamentalmente cualitativa de los niveles de producción, lo que es condición necesaria pero no suficiente para el desarrollo humano sustentable; d) la construcción de las bases materiales y sobre todo de las condiciones y capacidades sociales que garanticen la *autosustentabilidad* del desarrollo de cara al porvenir.

Cuando las divisorias del aprendizaje se han convertido en característica mayor del subdesarrollo, el enfoque esbozado en los párrafos precedente sugiere que un nuevo desarrollo ha de edificarse sobre “pilares” como los que se mencionan a continuación.

- a) *Estrategias económicas alternativas*, orientadas a la elevación del nivel de conocimientos y calificación del conjunto de las actividades productivas de bienes y servicios. Esto es imprescindible para construir “ventajas competitivas” dinámicas, sin resignarse a la explotación cada vez menos rendidora de las ventajas comparativas estáticas, típicas de la “competitividad espuria” que según la CEPAL



caracterizó a la economía latinoamericana en la década de 1980. Basada ante todo en los bajos salarios, las pobres condiciones de trabajo y el uso a menudo depredador de los recursos naturales, esa forma de la competitividad se prolonga hoy en la inserción neoperiférica de la región en la globalización.

Ahora bien, las estrategias alternativas a las que aludimos no se identifican con apostar todo a las ramas “high tech” o cosa parecida.

Mowery y Rosenberg (1998: 172) afirman que no se debe tener en cuenta sólo los ámbitos por donde entran en la producción las nuevas tecnologías, pues el análisis histórico demuestra su potencial para revitalizar “viejas” actividades, como las textiles, forestales, bancarias y financieras, ventas al por menor y cuidados de la salud. Lundvall (2002: 42, 51, 201) se refiere a esta cuestión, llamando a no descuidar a las ramas “menos glamorosas”, insistiendo en la importancia de promover la innovación en áreas de “baja tecnología” y señalando el riesgo de olvidarse de la renovación de las capacidades en los sectores tradicionales. Si ello es así en el Norte, con mucha más razón lo es en el Sur.

Hirschman (1961) enseñaba que la estrategia del desarrollo económico debe priorizar la búsqueda de recursos existentes pero descuidados o subaprovechados. En las actividades “menos glamorosas” tecnológicamente trabaja muchísima gente en el Sur; sus tradiciones, experiencias y saberes en materia de producción y distribución son recursos que no deben ser desperdiciados sino potenciados mediante la incorporación de conocimientos y calificaciones.

- b) *Renovación de las políticas públicas*, para que el Estado pueda jugar el papel *articulador* de actores, esfuerzos e iniciativas varias que se desprende de la concepción de los sistemas de innovación. Se trata de un papel mucho más activo que en los enfoques “mercado-céntricos”, pero también bastante distinto del previsto en los enfoques “estado-céntricos”. Implica además un reconocimiento de la especificidad de las relaciones políticas de poder que estaba a menudo ausente de las antiguas concepciones del desarrollo, sobre todo cuando lo identificaban con desarrollo económico. Vale la pena recordar que, en una suerte de autocritica famosa, Hirschman (1984, capítulo i) afirmó que la economía del desarrollo no era capaz por sí sola de afrontar los

problemas del subdesarrollo, por lo cual debía “traspasar fronteras”, yendo “de la economía a la política y más allá”. Una de las direcciones para ello pasa por un enfoque desde los actores, el cual en especial conecta la temática con la sociología del desarrollo. Para esta última, un problema central es el de re-conceptualizar las relaciones entre el desempeño de los agentes, las instituciones, el conocimiento y el poder en la nueva “era global” (Long, 2001: 29, 239).

Las distintas facetas del desarrollo, evocadas más arriba, son en sí mismas fuentes de contradicciones y conflictos, por ejemplo entre los imperativos de la innovación tecnológica y de la preservación ambiental. Corresponde señalar que diversos trabajos (entre ellos Johnson, 1998; Segura, 2000; Gregersen y Segura, 2003; Segura, Johnson y Gregersen, 2004) han colaborado a introducir la dimensión ambiental en la teoría de los sis. También son problemáticas las relaciones entre innovación, equidad y cohesión social. Por consiguiente, el papel articulador al que nos referimos no se reduce a “sumar” esfuerzos sino que se extiende a la representación e intermediación de intereses que es tarea del sistema político en su conjunto, particularmente de los partidos políticos.

Las políticas públicas para el fomento de la innovación y los aprendizajes en el subdesarrollo pueden ser vistas como *políticas de jardinería* (Arocena y Sutz, 2003 b, 2004 a, b): sus objetivos son cultivar los circuitos innovativos y los espacios interactivos de aprendizaje, protegerlos de los “desaprendizajes”, detectar y difundir las experiencias más valiosas, promover nuevas iniciativas y preparar cuidadosamente el terreno para que puedan fructificar, en suma impulsar “desde abajo” la ampliación y consolidación de los sistemas de innovación.

Lo antedicho exige, en especial, una transformación de la gestión pública para elevar sustancialmente los niveles promediales actuales en materia de flexibilidad, agilidad y capacidad de iniciativa; tal objetivo requiere a su vez otro nivel de involucramiento de los propios funcionarios públicos, que parece difícil de lograr sin interesarlos material y moralmente en la revitalización del desarrollo.

Así pues, el papel del Estado y del sistema de partidos, además de las fundamentales labores de articulación e intermediación, ha de incluir la capacidad de la conducción política para convocar a los esfuerzos colectivos en pro de un *nuevo desarrollo*.

- c) *Transformación de la educación*, entendida como la clave de bóveda en el enfrentamiento a las divisorias del aprendizaje. Las mismas son notorias no sólo cuando se compara América Latina con el Norte sino también cuando se compara las situaciones de los distintos grupos sociales dentro de América Latina. Aprender estudiando y trabajando a alto nivel es algo reservado a minorías en la región, lo cual está en la raíz de la elevada desigualdad interna así como de la debilidad promedial de capacidades disponibles, que a su vez se refleja en la agudizada dependencia externa.

Desde el siglo XIX, la dependencia latinoamericana del exterior se asentó en los diferenciales de poder entre sociedades industriales y sociedades agrarias. Esa dependencia fue paliada en cierta medida por el deliberado propósito de industrializar a la región, que tuvo su auge desde la Segunda Posguerra hasta la década de 1970. Ese fue el período en el que se registraron los mayores avances en términos de modernización, mejora del ingreso, salud y educación (Thorp, 1998: 45). En los albores del siglo XXI, las dinámicas socioeconómicas hacen emerger en el Norte una “sociedad del conocimiento”, donde la mayoría de los jóvenes acceden a niveles educativos avanzados y el nivel de calificación de la Población Económicamente Activa se incrementa notoriamente. No es eso por cierto lo que sucede en el Sur. En tal contexto, hace falta un proyecto deliberado de largo aliento para la promoción de las capacidades individuales y colectivas.

A nuestro entender, el eje de tal proyecto ha de ser *la generalización de la enseñanza avanzada permanente, de calidad y conectada con el trabajo a lo largo de la entera vida adulta*. Ello exige por supuesto diversificar y ampliar considerablemente el sistema educativo terciario, pero requiere mucho más que ello: para disponer de los recursos humanos y materiales que permitan extender, gradual pero sostenidamente, la educación avanzada permanente a toda la población es necesario convertir en “aula potencial” a todo ámbito –hospital, fábrica, granja,

laboratorio, centro turístico, estudio profesional, medio de comunicación, etcétera— donde una tarea socialmente valiosa es eficientemente realizada. Semejante vinculación entre los mundos de la educación y del trabajo permitirá avanzar hacia “sociedades de aprendizaje” caminando con los dos pies, aprender estudiando y aprender trabajando.

Cuando se mira a la innovación desde el Sur, lo que se ve ante todo es la gravitación de la inequidad en la persistencia del subdesarrollo (Arocena y Sutz, 2003 f; Sutz, 2003). Las interacciones entre cambio técnico-productivo y desigualdad constituyen un campo inmenso; al respecto nos limitamos a mencionar un trabajo de un maestro del Norte (Freeman, 2000) y otro de un maestro del Sur (Fajnzylber, 1990).

Las estrategias económicas alternativas, la renovación de las políticas públicas y la transformación de la educación —en el sentido tan sumariamente expuesto en los párrafos precedentes— apuntan a promover formas de la equidad que puedan constituirse en pilares de un *nuevo desarrollo*. A éste lo concebimos pues como un proceso de democratización que revitalizaría lo más alentador de nuestra historia reciente (Arocena, 2004). En efecto, un desarrollo desde los actores será posible en la medida en que se pongan en juego energías colectivas, niveles de participación e iniciativas de envergadura comparable a las que durante los ochenta y los noventa condujeron a la reconquista de la democracia política en tantos países de América Latina.

## Conclusión: hacia una agenda renovada

La persistencia del subdesarrollo es una fuente mayor de varios de los principales problemas contemporáneos de la humanidad. La búsqueda de nuevas alternativas para el desarrollo debiera pues ser una prioridad para las más diversas formas de cooperación entre países, organismos y personas del Norte y del Sur. Pero, para que esa cooperación sea fecunda, es preciso empezar por superar la dependencia en el plano de las ideas que hoy aqueja a gran parte del mundo subdesarrollado.

Al respecto vale la pena citar lo que dice O'Donnell (2004: 111), cuando comenta un “fenómeno que tal vez sea particularmente agudo

en la ciencia política y en la economía, pero que dudo les sea exclusivo. Concebirnos sólo como asistentes de investigación de hecho o de derecho, como recolectores de datos que luego son procesados por los teóricos del Norte, es equivalente a exportar materias primas de escaso valor agregado para que sean procesadas por las industrias del Norte. Por el otro lado, el de la importación, ese papel subordinado corresponde a ‘aplicar’ mecánicamente teorías ya elaboradas en el Norte, lo cual es equivalente a importar industrias o tecnologías llave en mano, a las cuales, a lo sumo, se les hacen algunas adaptaciones teniendo en cuenta la calidad de las materias primas o del trabajo disponibles en nuestros países”.

Para mantener un diálogo fecundo con lo que se piensa en las distintas regiones del mundo, urge revalorizar la mejor tradición creativa e independiente del pensamiento social latinoamericano. Ello pasa por la construcción de una agenda de investigación y discusión donde se destaquen las cuestiones más relevantes desde las perspectivas de los países del Sur. Las siguientes son algunas de las cuestiones que debieran merecer especial atención:

- el análisis actualizado de *las especificidades del subdesarrollo*, incluyendo en el mismo todo lo que tiene que ver con los procesos de innovación y, más en general, con la generación, uso y apropiación de conocimientos, con debida consideración y cuidadosa comparación de las diferencias entre las distintas “condiciones periféricas”;
- el esfuerzo por *aprender de la sociedad*, estudiando con particular cuidado las mejores experiencias que surgen en el espesor de cada sociedad así como las opiniones de la ciudadanía, que son elementos constitutivos de un *desarrollo desde los actores* y guías fértiles para las “políticas de jardinería”;
- la reconsideración de la temática *educación y desarrollo*, capítulo imprescindible de un análisis integral de los procesos sociales de aprendizaje, de construcción de capacidades y de expansión de las libertades.

Varias otras cuestiones de similar envergadura podrían mencionarse. Lo fundamental es promover una amplia revisión de lo que el desarrollo puede y debe ser.

## Referencias

- ALBAGLI, S. y MACIEL, M. L. (2003) “Capital social e desenvolvimento local” en LASTRES, H., CASSIOLATO, J. y MACIEL, M. (orgs.), *Pequena empresa. Cooperação e desenvolvimento local*, Relume Dumara, Rio de Janeiro, pp. 423-440.
- AROCENA, R. (1999) “La temática de la innovación mirada desde un pequeño país del Mercosur”, en CASSIOLATO y LASTRES (eds.) *Globalización e Innovación Localizada. Experiencias de sistemas locales en el Mercosur*, IBICT, Brasília, pp. 683-715.
- (2004) “América Latina después de las transiciones: calidad de la democracia, nuevo desarrollo y equidad proactiva” en *Iberoamericana*, 16, 158-162.
- AROCENA, R. y SUTZ, J. (2000) “Looking at National Systems of Innovation from the South” en *Industry and Innovation*, 7, 55-75.
- y SUTZ, J. (2002) “Innovation Systems and Developing Countries”, DRUID (Danish Research Unit for Industrial Dynamics) Working Paper N° 02-05, ISBN 87-7873-121-6.
- y SUTZ, J. (2003 a) *Subdesarrollo e innovación. Navegando contra el viento*, Cambridge University Press, Madrid.
- y SUTZ, J. (2003 b) “Knowledge, Innovation and Learning: Systems and Policies in the North and in the South” en CASSIOLATO, LASTRES y MACIEL (eds.) *Systems of Innovation and Development*, Edward Elgar Publishing, Gran Bretaña, pp. 291-310.
- y SUTZ, J. (2003 c) “L’innovation vue du Sud et les sciences du vivant” en MIGNOT, J. P. y PONCET, C. (eds.) *L’industrialisation des connaissances dans les sciences du vivant*, L’Harmattan, París, pp. 149-189.
- y SUTZ, J. (2003 d) “Sistemas de innovación en ciencias de la vida: hacia un estudio desde los enfoques constructivos” en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, disponible en <[http:// www.campus-oei.org/revistactsi/numero6/articulo00.htm](http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero6/articulo00.htm)>.
- y SUTZ, J. (2003 e) “Learning divides, social capital and the roles of universities”, trabajo presentado a la Conferencia GLOBELICS 2003, Rio de Janeiro, disponible en <[http://www.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS\\_0042\\_ArocenaSutzLearning.pdf](http://www.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0042_ArocenaSutzLearning.pdf)>

- y SUTZ, J. (2003 f) “Innovation and Inequality as seen from the South” en *Technology in Society*, Vol. 25/2, 171-182.
- AROCENA, R. y SUTZ, J. (2004 a) “Neoperipheral structures and gardening policies”, trabajo presentado a la Conferencia DRUID 2004, disponible en <<http://www.druid.dk/ocs/viewpaper.php?id=230ycf=1>>.
- y SUTZ, J. (2004 b) “Políticas de inovação para um novo desenvolvimento na América Latina” en *ComCiência*, N° 57, Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia, <<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/08/15.shtml>>.
- y SUTZ, J. (2005 a) *Para un Nuevo Desarrollo*, edición bilingüe español-portugués, Secretaría de Cooperación Iberoamericana, Colección Prisma, Madrid.
- y SUTZ, J. (2005 b) “Innovation systems based on life sciences: towards a study by means of constructive approaches” en *Innovation: Management, Policy & Practice*, Vol. 7, N° 2-3, 310-320.
- BERNAL, John D. (1979) *Historia Social de la Ciencia*, Península, Barcelona.
- CASSIOLATO, J. y LASTRES, H. (eds.) (1999) *Globalización e Innovación Localizada. Experiencias de sistemas locales en el Mercosur*, IBICT, Brasília.
- (2000) “Local Systems of Innovation in Mercosur Countries” en *Industry and Innovation*, Vol. 7, N° 1, 33-53.
- y MACIEL, M. (eds.) (2003) *Systems of Innovation and Development*, Edward Elgar Publishing, Gran Bretaña.
- CEPAL (2003) *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2003*, Santiago de Chile.
- CHANG, HA-JOON (2002) *Kicking Away the Ladder. Development Strategy in Historical Perspective*, Anthem Press, Londres.
- COOKE, P. y MORGAN, K. (1998) *The Associational Economy. Firms, Regions, and Innovation*, Oxford University Press, Nueva York.
- DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. y SOETE, L. (eds.) (1988) *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, Londres.
- EDQUIST, Charles (ed.) (1997) *Systems of Innovation: technologies, institutions and organisations*, Pinter, Londres.
- FAJNZYLBER, F. (1990) *Industrialización trunca de América Latina: de la “caja negra” al “casillero vacío”*, Cuadernos de Cepal, Santiago.
- FREEMAN, C. (1987) *Technology policy and economic performance – Lessons from Japan*, Pinter Publ., Londres.

- (1999) “Innovation systems: city-state, national, continental and sub-national” en CASSIOLATO, y LASTRES (eds.) *Globalización e Innovación Localizada. Experiencias de sistemas locales en el Mercosur*, IBICT, Brasilia, pp. 109-167.
- FREEMAN, C. (2000) “Social Inequality, Technology and Economic Growth” en S. WYATT *et al.* (eds.), *Technology and Inequality. Questioning the Information Society*, Routledge, Londres.
- FREEMAN, C. y LUNDVALL, B-A. (eds.) (1988) *Small countries facing the technological revolution*, Pinter, Londres.
- FRANCO, R. y SAENZ, P. (2001) “La agenda social latinoamericana del año 2000” en *Revista de la CEPAL*, 73, 55-66.
- FURTADO, C. (1992): “O Subdesenvolvimento revisitado” en *Economia e Sociedade*, Revista do Instituto de Economia da UNICAMP 1, 5-19.
- GREGENSEN, B. y SEGURA, O. (2003) “A learning and innovation capability approach to social and ecological sustainability”, paper presentado en The First Globelics Conference on Innovation Systems and Development Strategies for the Third Millennium, disponible en <[http://www.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS\\_0051\\_PaperOlmanGregersen.pdf](http://www.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0051_PaperOlmanGregersen.pdf)>
- HIRSCHMAN, A. (1961) *La estrategia del desarrollo económico*, Fondo de Cultura Económica, México.
- (1984) *De la economía a la política y más allá*, Fondo de Cultura Económica, México.
- HOFF, K. y STIGLITZ, J. (2001) “Modern economic theory and development” en MEIER y STIGLITZ, *Frontiers of Development Economics*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 389-459.
- JOHNSON, B. (1998) “Institutional Learning and Clean Growth” en A. TYLECOTE y J. STRAATEN, *Environment, Technology and Economic Growth*, Edward Elgar, Londres.
- KATZ, J. (1994) “Technology, economics, and late industrialization” en SALOMON, J. J., SAGASTI, F. y SACHS, C. (eds.) (1994) *The uncertain quest: Science, technology, and development*, United Nations University Press.
- (2003) “Market-Oriented Structural Reforms, Globalization And The Transformation of Latin American Innovation Systems”, trabajo presentado en la Conferencia ALTEC 2003, México.



- (2004) “The limits of prevailing orthodoxy. Technology and education as restrictions to productivity growth and international competitiveness in Latin America”, trabajo presentado en la conferencia DRUID 2004, disponible en <<http://www.druid.dk/ocs/viewpaper.php?id=277ycf=1>>.
- LASTRES, H., CASSIOLATO, J. y MACIEL, M. (orgs.) (2003) *Pequena empresa. Cooperação e desenvolvimento local*, Relume Dumara, Rio de Janeiro.
- CASSIOLATO, J. y ARROIO, A. (orgs.) (2005) *Conhecimento, Sistemas de Inovação e Desenvolvimento*, Editora UFRJ/Contraponto, Rio de Janeiro.
- LONG, N. (2001) *Development sociology. Actor perspectives*, Routledge, Londres.
- LUNDVALL, B-A. (1985) “Product innovation and user-producer interaction” en *Industrial Development Research Series*, Nº 31, Aalborg University Press, Aalborg.
- (1988) “Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation” en DOSI *et al.* (eds.) *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, Londres, pp. 349-369.
- (ed.) (1992) *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, Londres.
- (2002 a) *Innovation, Growth and Social Cohesion. The Danish Model*, Elgar, Cheltenham.
- (2002 b) “The University in the Learning Economy” DRUID (Danish Research Unit for Industrial Dynamics), working paper Nº 02-06.
- y JOHNSON, B. (1994) “The Learning Economy” en *Journal of Industry Studies* I (2), 23-42.
- y BORRÁS, S. (1997) *The globalising learning economy. Implications for innovation policy*, European Commission Studies, Luxemburgo.
- JOHNSON, B., ANDERSEN, E. S. y DALUM, B. (2002) “National systems of production, innovation and competence building” en *Research Policy*, 31, 213-231.
- MANN, M. (1986, 1993) *The Sources of Social Power*, Vol. I y II, Cambridge University Press, Cambridge.
- MEIER, G. M. y STIGLITZ, J. E. (eds.) (2001) *Frontiers of Development Economics*, Oxford University Press, Nueva York.
- MOWERY, D. y ROSENBERG, N. (1998) *Paths of Innovation. Technological Change in 20<sup>th</sup> Century America*, Cambridge University Press, Nueva York.

- NELSON, R. (ed.) (1993) *National Innovation Systems*, Oxford University Press, Londres.
- y WINTER, S. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- O'DONNELL, G. (2004) “Ciencias sociales en América Latina. Mirando hacia el pasado y atisbando el futuro” en *El Debate Político. Revista Iberoamericana de Análisis Político*, 110-123.
- PALMA, G. (2003) “The Latin American Economies During the Second Half of the Twentieth Century – from the Age of ‘ISI’ to the Age of ‘The End of History’” en CHANG, H.-J. (ed.) *Rethinking Development Economics*, Anthem Press, Londres, 125-151.
- REAL DE AZÚA, C. (1977) “Las pequeñas naciones y el estilo de desarrollo ‘constrictivo’” en *Revista de la CEPAL*, 4, 153-173.
- ROGERS, E. M. (1995) *Diffusion of Innovations*, 4ª edición, Free Press, Nueva York.
- SABATO, J. (ed.) (1975) *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Paidós, Buenos Aires.
- y BOTANA, N. (1968): “La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina” en *Revista de la Integración*, N° 3, Buenos Aires.
- SEGURA-BONILLA, O. (2000) *Sustainable Systems of Innovation: The Forest Sector in Central America*, SUDESCA Research Papers N° 24, Aalborg.
- SEGURA, O., GREGERSEN, B. y y JOHNSON, B. (2004) “Institutions and learning capabilities in a development perspective - Cases from Costa Rica”, trabajo presentado a la Conferencia DRUID 2004, disponible en <<http://www.druid.dk/ocs/viewpaper.php?id=97ycf=1>>.
- SEN, A. (1984) *Resources, values and development*, Basil Blackwell, Oxford.
- (2000) *Development as Freedom*, Anchor Books, Nueva York.
- (2001) “What is Development About?” en MEIER y STIGLITZ, *Frontiers of Development Economics*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 506-513.
- SUTZ, J. (1999) “La caracterización del Sistema Nacional de Innovación en el Uruguay: enfoques constructivos” en CASSIOLATO y LASTRES (eds.) *Globalización e Innovación Localizada. Experiencias de sistemas locales en el Mercosur*, IBICT, Brasilia, pp. 716-766.

- (2003) “Transformaciones tecnológicas y sociedad. Miradas desde el Sur”, en CALDERÓN, F. (ed.) *¿Es sostenible la globalización en América Latina? Debates con Manuel Castells*, FCE, Santiago de Chile, pp. 85-123.
- (2004) “América Latina en la economía mundial motorizada por la innovación” en *Lateinamerika Analysen*, Hamburgo, 183-194.
- THORP, R. (1998) *Progress, Poverty and Exclusion. An Economic History of Latin America in the 20<sup>th</sup> Century*, The John Hopkins University Press.
- TOYNBEE, A. (1972) *A Study of History. The first abridged one-volume edition*, Oxford University Press, Oxford.
- VILLASCHI, A. (1994) *The Newly Industrialized Countries and the Information Technology Revolution: The Brazilian experience*, Avebury, Aldershot.

# ¿Extensión rural o intercambio de saberes?

## Repensando la innovación y adopción tecnológica en Argentina

ESTEBAN TAPELLA<sup>1</sup>

### Introducción

La cuestión de la innovación y la adopción tecnológica en el medio rural aparece cada vez con más frecuencia en la agenda de prioridades de los organismos vinculados al desarrollo y la extensión rural. A pesar de innumerables experiencias de desarrollo, con diferentes estilos y modalidades de intervención, los resultados en cuanto a adopción de tecnologías capaces de mejorar las condiciones de producción y de vida de los pequeños productores rurales pobres no siempre han sido satisfactorios.

Desde hace varios años, las prácticas tradicionales de extensión rural y transferencia de tecnología han sido notablemente cuestionadas, en especial por su limitada eficacia y eficiencia a la hora de generar mejoras productivas sustentables. El modelo convencional de extensión, basado en la transferencia de conocimientos o paquetes tecnológicos destinados a incrementar la renta de los pequeños productores a partir de la adopción “pasiva” de ciertas técnicas y prácticas, no sólo ha fallado en forma reiterada, sino que ha generado un importante deterioro de los recursos

1. Una versión preliminar de este artículo fue presentada en conjunto con Claudia Rivera Bilbao en el Seminario “La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas”, Universidad Austral de Chile, noviembre 2005.

naturales. Por otro lado, al menos en Argentina, un 40% de los pequeños productores agropecuarios no han tenido acceso a los llamados servicios de extensión de las principales agencias (provinciales y nacionales) dedicadas a la innovación tecnológica, siendo marginados del modelo de desarrollo vigente.

Las principales instituciones dedicadas a la transferencia y la extensión rural (básicamente el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA– y algunas universidades) han logrado –por medio de sus investigaciones– avances importantes, por ejemplo en cuanto al mejoramiento de semillas, técnicas para el manejo del suelo y el agua, y habilidades para la administración y gestión comercial de emprendimientos de diferente envergadura. Sin embargo, a la hora de replicar estas técnicas, los investigadores y extensionistas rurales no siempre han tenido en cuenta las condiciones del entorno. Muchas veces, factores de tipo estructural como la tenencia de la tierra y el acceso al agua, así como barreras de tipo cultural propias de una realidad rural altamente heterogénea, han limitado su impacto.

Durante la década del noventa, se han desarrollado en América Latina unas 200 experiencias de apoyo al desarrollo sustentable, la agroecología y la nutrición humana, adoptando como estrategia de intervención los llamados Centros de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CAIS). Los CAIS son centros de “experimentación” y “demostración” creados en comunidades rurales pobres, cuya misión es transmitir y diseminar por medio de la educación, la capacitación y el intercambio de experiencias un conjunto de tecnologías que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de producción y vida de las familias de escasos recursos. Estos centros procuran experimentar y adoptar tecnologías alternativas tanto de producción como de consumo, por lo general de bajo costo y fácil transferencia, para luego promover su apropiación en las comunidades, mediante la participación de los usuarios y la recuperación de sus saberes y prácticas tradicionales. En este artículo, se presentan a estas experiencias como un modelo alternativo a los tradicionales servicios de extensión rural, aun cuando se señala sus límites y problemas.

Para ello se analiza el caso del Centro de Capacitación y Demostración de Tecnologías Apropriadas (CCDTA) de la Fundación Solidaridad, el cual

adoptó la figura de los CAIS para su intervención con pobladores suburbanos y pequeños productores pobres de la Provincia de Mendoza, en Argentina. El estudio explora hasta qué punto los pequeños productores participantes de la experiencia (unas 180 familias) han podido adoptar las tecnologías experimentadas y desarrolladas en el Centro y resalta las ventajas y desventajas que los CAIS presentan para la innovación y adopción de tecnologías. A partir de las lecciones aprendidas se sugieren acciones que podrían potenciar los aspectos positivos de esta valiosa experiencia.

El trabajo está organizado en cuatro partes. En primer lugar se realiza una aproximación histórica a la cuestión de la extensión y la transferencia tecnológica con pequeños productores, concentrándose en el caso argentino. Luego, se presenta el caso de los CAIS, describiendo sus antecedentes, ejes conceptuales y estrategia metodológica. En tercer lugar se analiza el caso del Centro de Capacitación y Demostración de Tecnologías Apropriadas (CCDTA) de la provincia de Mendoza, focalizando sobre sus características básicas, el contexto de la intervención y sus principales resultados. Por último, a modo de reflexión final, se analiza la figura del CAIS en cuanto a la noción de tecnología y el concepto de innovación, sugiriendo entre una serie de propuestas el uso del enfoque del *espacio tecnológico* como forma de encontrar tecnologías apropiadas y coherentes para cada realidad y contexto particular.

## La extensión rural y la cuestión de la adopción tecnológica con pequeños productores en Argentina

Los servicios de extensión rural y transferencia de tecnología comienzan a institucionalizarse en América Latina a partir de la década del cincuenta, con la imperiosa necesidad de aumentar la producción y la productividad. Luego de la Segunda Guerra Mundial, se abrazó el paradigma de la modernización, el cual introdujo la dicotomía tradicional/moderno en el análisis del cambio social y del desarrollo económico. Así, se comenzó a hablar de la necesaria transición (o proceso de diferenciación crecien-

te) desde las sociedades tradicionales (propia de los países llamados subdesarrollados) a las sociedades modernas (Taylor, 1979). Los países subdesarrollados debían adoptar el conocimiento, capacidades, tecnología, y organización de los países “modernos”, para alcanzar el desarrollo (Hagen, 1962). Este paradigma imperante se cristalizó en los sistemas de extensión rural y transferencia de tecnología, e incluso ha persistido mucho más tiempo que el propio modelo en el cual se gestó. Bajo este enfoque, los problemas del agro fueron interpretados superficialmente como un fenómeno relacionado con la producción y la productividad, sin analizar aspectos de tipo estructural, con lo cual las mejoras en la calidad de vida pasaba básicamente por lograr una mayor eficiencia productiva y un proceso de modernización del campo.

Las particularidades de la estructura agraria argentina contribuyeron a exacerbar el impacto de este modelo; toda vez que el sector de pequeños productores o campesinos en este país nunca tuvo la misma relevancia que en países como Bolivia, México o Perú. La principal diferencia recae sobre la heterogeneidad geográfica entre diferentes regiones. Mientras la región pampeana, con las tierras más fértiles y con mejor dotación de agua, se convirtió desde 1870 en la región más rica y moderna; las otras regiones (NOA, NEA, Cuyo y Patagonia), con peores condiciones en cuanto a calidad de suelos, régimen de precipitaciones o disponibilidad de agua para riego, se convirtió desde ese entonces en otra gran región (*el Interior*), la más pobre y menos desarrollada del país (Tapella, 2004 a). Así, en los años de posguerra, el surgimiento del sistema agroalimentario “fordista” y la expansión de la llamada revolución verde, favorecieron el incremento productivo y el poder económico de la región pampeana, ensanchando la brecha con el resto de las regiones del país. El papel dominante asignado a la región pampeana para que Argentina se integre social y económicamente en el orden mundial, ha negado históricamente al sector de la pequeña agricultura y las realidades y problemas de las otras regiones del interior del país (Manzanal, 1990 y Sawers, 1996). De esta forma, Argentina se fue transformando en un país con altos niveles de acumulación (en comparación con el resto de los países de la región) pero con un creciente nivel de desigualdades y pobreza rural. La ausencia de reformas agrarias importantes (Kay, 2000) también obedece

a ese desconocimiento de la realidad campesina. Este fenómeno, como se verá, también contribuyó a que el desarrollo y la innovación tecnológica para el sector de pequeños productores se viera relegada, aumentando las heterogeneidades entre e intra-regiones.

El INTA jugó un papel muy importante en este primer período de la extensión rural (conocido como “tradicionalista”), y sus servicios de extensión buscaron articularse con la investigación para “transferir” la tecnología que habría de ayudar a un anhelado crecimiento económico. El INTA crea las Agencias de Extensión Rural, las cuales, a partir de un fuerte vínculo con Estaciones Experimentales, debían estimular a los productores para que adoptasen sus innovaciones técnicas, en especial aquellas que acompañaban el proceso conocido como “revolución verde” (Carballo, 2002). En este mismo período surgen otras iniciativas (del sector cooperativo y privado) para la extensión rural y la transferencia de tecnología. Entre ellas, hay que destacar los grupos CREA (Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola), los cuales nacen y se concentran en la región pampeana con la idea de contribuir al progreso y avance tecnológico, sin depositar toda la responsabilidad del desarrollo tecnológico en el Estado.

Es casi una década después cuando surge en Argentina el Servicio Nacional de Extensión Rural, el cual –si bien comienza a consolidar la idea de trabajar con grupos de pequeños productores, amas de casa y jóvenes– asume un criterio “productivista” (extensión centrada en el producto) y adopta un enfoque metodológico desde “arriba hacia abajo”, esto es, desde los investigadores y extensionistas hacia los productores, con limitada participación de estos últimos (Benencia *et al.*, 1988). Más allá de haber obtenido importantes logros, el modelo en el cual se cristaliza la extensión rural en Argentina (circumscripita básicamente a la actualización en el campo técnico-productivo), no permitió atender a otros aspectos relacionados a la realidad agraria en su conjunto.

La aparición de fenómenos relativamente nuevos como la existencia de un vasto sector de pequeños productores y campesinos (el cual representa algo más del 60% de los productores de Argentina), no es asumido con claridad por el INTA, quien concentra sus mayores esfuerzos en los medianos y grandes productores. A partir de este vacío, surgen



en el país las principales Organizaciones No Gubernamentales (ONG) de promoción al desarrollo rural, las que se concentran en el norte (NOA y NEA). A medida que se produce la “modernización” del agro, se incorporan organizaciones como FUNDAPAZ, INDES e INCUPO, entre otras ONG; así como cooperativas, universidades y empresas privadas quienes –aun concentrándose en el sector menos favorecido– no siempre operan con similares objetivos y metodologías.

Las ONG introducen nuevos temas en la agenda de la extensión rural en Argentina, adoptando los micro-proyectos de desarrollo como estrategia de intervención a nivel local; acciones que se relacionan con el mejoramiento de la producción primaria, pero también con la calidad de vida, incluyendo aspectos como la salud, alimentación, vivienda, educación, participación social, etcétera. La figura del “extensionista” es suplida por la del “promotor”, cuya función incluye la motivación del grupo, la capacitación, la organización, la asistencia técnica, la formulación y evaluación del proyecto (Carballo, 2002). Con la intervención de las ONG se introduce al mundo de la extensión rural las metodologías de educación popular, la investigación participativa y la noción de micro-proyectos de desarrollo (Martínez Nogueira, 1990). No obstante, es mayor su contribución al diagnóstico, identificación de demandas y la promoción social, que a la innovación tecnológica propiamente dicha.

La apertura de una nueva etapa democrática en 1973, y la influencia de las ONG, hace que el INTA comience a reconocer condicionantes que la realidad socioeconómica impone sobre su herramienta esencial: la política tecnológica. En tal sentido, el INTA comienza a analizar la diversidad de marcos socioeconómicos en que debe actuar, reconoce la heterogeneidad de las diferentes regiones, las cuales merecen propuestas tecnológicas, políticas y metodológicas específicas (Carballo, 2002).

Con la primera apertura económica a partir del gobierno militar de 1976 comienzan a multiplicarse diferentes actores de la extensión rural y la transferencia tecnológica. Emergen las consultoras o empresas de asesoramiento privado, que se suman a los grupos CREA, así como las empresas de provisión de insumos y/o compra de productos. Las ONG se concentran aún más en los pequeños productores y pobres rurales, pero deben operar –al menos hasta inicios de los ochenta– con gran cautela

en el marco de gobiernos totalmente represivos, donde el trabajo de promoción a los campesinos era considerado subversivo. A diferencia de lo que sucede en otros países vecinos (Brasil, Paraguay, Chile y Bolivia, por ejemplo), el desarrollo de tecnologías para pequeños productores por parte de empresas privadas de Argentina fue mínimo. Además, el aporte del sector privado se limitó a una “puesta a punto” o “adaptación” de “paquetes tecnológicos”, equipos o prácticas pensadas y diseñadas originalmente para la agricultura empresarial (Carballo, 2002).

A finales de los ochenta e inicios de los noventa comienza a consolidarse una nueva forma de extensión rural y transferencia de tecnología, focalizando ahora sí en el sector de pequeños productores. Al igual que muchos países de la región, Argentina implementó los llamados Fondos de Inversión Social (FIS) para mitigar el impacto de las políticas de ajuste, reducir los niveles de pobreza y frenar las migraciones rurales, concentrando ese accionar sobre distintos tipos de productores y pobres rurales. Las principales acciones consolidadas desde finales de los ochenta fueron: 1. el Programa de Crédito y Apoyo Técnico para Pequeños Productores Agropecuarios del Noreste Argentino (PPNEA), conocido actualmente como PRODERNEA; 2. el programa de INTA para pequeños productores, conocido como Unidad de Minifundio; 3. el Programa PROHUERTA, ejecutado por INTA y financiado por el Ministerio de Desarrollo Social; 4. el Programa Social Agropecuario (PSA), la principal política nacional para el sector de pequeños productores minifundistas en cuanto a cobertura, presupuesto y número de proyectos; 5. el Programa Federal de Reconversión Productiva para la Pequeña y Mediana Empresa Agropecuaria de INTA, conocido como “Cambio Rural”; 6. el Programa de Desarrollo Agropecuario para Pequeños Productores (PROINDER), un subcomponente de donación financiado por el Banco Mundial y ejecutado por el PSA; 7. el Fondo Participativo de Inversión Social (FOPAR) y 8. el Fondo Especial del Tabaco, que permite el financiamiento de proyectos a través de otros programas, entre otras iniciativas (Tapella, 2003).

Este tipo de políticas sociales, o programas de desarrollo, procuraron –de alguna manera– acercar recursos (subsidios y créditos “blandos”), así como asistencia técnica y capacitación al sector más perjudicado por el modelo agro-exportador y de liberalización económica adoptado por

el país desde 1976.<sup>2</sup> La mayoría de estos programas capitalizó la experiencia de investigación y extensión del INTA, y sumó los aprendizajes y formas de intervención del sector de las ONG, combinando una estrategia de promoción social junto a instancias para la transferencia tecnológica, con la intención de incrementar la productividad de los pequeños productores, mejorar su inserción en el mercado y evitar la descomposición de sus sistemas productivos. Con estos programas se adopta –prácticamente como condición excluyente– la figura del “grupo” o emprendimiento asociativo. Prácticamente todos los programas favorecen la formación de grupos de pequeños productores como el espacio adecuado para la ejecución de un proyecto productivo, la adquisición de inversiones (prediales o comunitarias) y la transferencia de tecnologías mediante servicios de asistencia técnica y la capacitación.

En la actualidad existe en Argentina un conjunto de actores que de forma aislada o más o menos articulada participan de la extensión rural y la transferencia de tecnologías a los productores agropecuarios. Según Carballo (2002), en estos grandes grupos pueden reconocerse a: 1. INTA, ministerios y organismos provinciales, universidades, y los programas de desarrollo rural como Unidad de Minifundio, PSA, PROINDER, Cambio Rural, PROHUERTA, PRODERNEA, etcétera; 2. entidades privadas sin fines de lucro, como las ONG de promoción y desarrollo rural, grupos AACREA, la Fundación de la Federación Agraria Argentina, la Red de Agricultura Orgánica de Misiones (RAOM), la Red Agroforestal Chaco, etcétera; y 3. organizaciones o empresas privadas con fines de lucro: cooperativas, empresas agroindustriales proveedoras de insumos y/o procesadoras de productos, consultoras, negocios de agroquímicos y/o veterinarias, asesores privados diversos, etcétera. Entre todos estos servicios que “ofertan” asistencia técnica, según Carballo (2002.), sólo se llega a un 44% de los

2. Si bien es entre 1989 y 1991 cuando se adoptan en forma estricta los principios del Consenso de Washington bajo la figura de las políticas de estabilización y ajuste estructural, hay que señalar que en Argentina (al igual que en Chile) la liberalización económica tuvo un comienzo temprano, a partir de 1976 con la instauración del régimen militar, principalmente a través de las medidas tendientes hacia la “apertura” o libre mercado (Manzanal, 2000).

productores agropecuarios, con unos 10.000 técnicos, mayoritariamente de las ciencias agropecuarias.

## Una mirada crítica al caso argentino

Como se mencionó, el INTA ha sido –de alguna manera– la principal entidad abocada al desarrollo y transferencia tecnológica en el país. Una de las fortalezas del INTA fue haber integrado bajo una misma dirección la investigación y la extensión rural, disponiendo en forma autárquica de su presupuesto. No obstante, el INTA tuvo algunas debilidades como una fuerte orientación hacia la adaptación de tecnologías desarrolladas en otros países, una no muy formal estructura de planificación y priorización de actividades, escasos mecanismos de articulación tanto a nivel internacional como nacional y local, y una no muy precisa ni protagónica participación de los productores (Cirio, 1990). En virtud de estos problemas, el INTA comenzó a finales de los ochenta un proceso de transformación interna, basado en la noción de descentralización (hacia organismos regionales y provinciales), participación (a través de los consejos formados por productores y representantes del sector público y privado local) e integración (basada en la articulación con el resto de entidades vinculadas directa o indirectamente con el sector agropecuario).

Más allá de estos avances, el INTA ha seguido privilegiando el espacio de la investigación como un espacio distinto al de la extensión. Así, mientras los investigadores desarrollan sus estudios en las Estaciones Experimentales Agropecuarias (EEA), los técnicos extensionistas transfieren tecnología a los productores desde las Agencias de Extensión. Los tiempos y las distancias entre y desde que la tecnología se desarrolla hasta su adopción masiva son aún muy largos. Las experiencias de experimentación adaptativa con la participación y en el propio contexto de los productores (en especial los más pequeños) no ha sido hasta ahora una práctica masiva del INTA. En muchas Agencias, aún persiste el sesgo “desarrollista” de la década del cincuenta, donde el profesional agropecuario es visto como portador de un paquete tecnológico capaz

de modernizar al productor, quien muchas veces es visto como un sujeto pasivo dentro de un deseado proceso de cambio.

Por otro lado, puede afirmarse que en la mayoría de las experiencias de extensión rural en Argentina ha existido una desconexión entre los centros de experimentación (Estaciones Experimentales de INTA e Institutos de Investigación de las universidades) y los productores, sus organizaciones y los servicios públicos de apoyo al agro. Por lo general, la investigación y aplicación de tecnologías apropiadas a los sistemas productivos de pequeños productores ha sido escasa. También es limitada la cantidad de estudios de soluciones tecnológicas en situaciones de escasez de recursos y de condiciones productivas económicas poco favorables; ya que –desde el “achicamiento” del Estado desde los ochenta– la mayor parte de la investigación y experimentación ha sido solventada por el sector privado, y –en consecuencia– éste acaparó gran parte de la atención –incluso– de organismos públicos como el INTA (IICA, 1997).

Esta desvinculación entre investigación y extensión, o desarrollo tecnológico y experimentación adaptativa, se ha puesto de manifiesto a partir de las dificultades para la apropiación de tecnología por parte de los pequeños productores beneficiarios de diversos programas y proyectos. Además, las tendencias históricas (socioeconómicas y productivas) a la hora de favorecer procesos de innovación y/o adopción tecnológica no siempre han sido consideradas. Las nuevas tecnologías propuestas por los agentes externos (o aquellas elaboradas conjuntamente con la comunidad) pueden parecer apropiadas pero, si se ignoran los procesos socio-históricos en los cuales los problemas tecnológicos están siempre inmersos, se puede arribar a desarrollos tecnológicos inapropiados (Cáceres y Woodhouse, 1996). Esto es lo que ha sucedido en gran parte de las experiencias consolidadas en el país prácticamente en todas las entidades abocadas a la extensión rural y la transferencia de tecnología.

No obstante, desde finales de los noventa se han iniciado algunas experiencias tendientes a desarrollar tecnologías apropiadas y apropiables para los pequeños productores en el marco del PROINDER. Por un lado se realizó una investigación de alcance nacional tendiente a identificar y sistematizar todas las tecnologías disponibles y apropiadas a sistemas campesinos, cuyo resultado ha sido publicado en un catálogo de tecno-

logías para pequeños productores agropecuarios (Cáceres, 2003). En la actualidad ya se está editando el segundo catálogo, basado en una recopilación más profunda y detallada de aquellas tecnologías identificadas y probadas a lo largo y ancho del país. Por otro lado, el PROINDER (subcomponente de Fortalecimiento Institucional) también realizó una convocatoria de proyectos de experimentación adaptativa con participación de los pequeños productores en diferentes provincias, donde concursaron más de 100 iniciativas, provenientes de equipos de trabajo de INTA, Universidades Nacionales y ONG con experiencia e inserción en el sector. Si bien esta experiencia es muy reciente, la decisión de construir saber y desarrollar tecnologías desde el contexto y realidad de los pequeños productores agropecuarios es sumamente válida; ya que –de alguna manera– garantiza una mayor apropiación por parte del sector de las tecnologías a desarrollar.

En Argentina ha sido escasa la experiencia de proyectos de innovación de tecnología generados desde la “demanda” de los pequeños productores y desarrollados en su propio contexto y realidad social y económica. Por lo general, aun en el marco de las llamadas tecnologías “apropiadas”, se ha priorizado un modelo “extensionista” o “transferencista” (Chelén *et al.*, 1993), trabajando desde la “oferta” de paquetes tecnológicos, sin conocer muchas veces el motivo de la no adopción. Existen muchas dificultades en el sector público y en los programas de desarrollo rural para adoptar un esquema que privilegie una mirada desde la “demanda” a la hora de diseñar la “oferta”.

Un nuevo modelo requiere de una estructura organizacional ágil y flexible, basada en la constitución de equipos interdisciplinarios (para contemplar aspectos productivos, de calidad, de organización social y gestión empresarial, de comercialización, etcétera). Un nuevo modelo exige comprender la alta heterogeneidad del sector rural argentino. Según Carballo (2002), hay que repensar la estrategia y metodología de la extensión rural, transitando desde la primacía del conocimiento técnico hacia el autodiagnóstico, desde el enfoque técnico-productivo hacia la integralidad del enfoque, desde el enfoque productivo hacia el enfoque de sistemas, desde la priorización de la productividad por sobre los aspectos ambientales hacia la priorización de la sustentabilidad de los

recursos, y desde la discontinuidad y el cortoplacismo de los programas actuales hacia una nueva institucionalidad del desarrollo.

La experiencia de los Centros de Aprendizajes e Intercambio de Saberes (CAIS) en América Latina y también Argentina ha procurado revertir algunas de las dificultades para la innovación y la transferencia de tecnologías señaladas anteriormente. En los próximos párrafos se analiza este modelo de intervención, resaltando sus ventajas y desventajas, y se sugiere un conjunto de propuestas para potenciar los aspectos positivos de esta experiencia.

## Los CAIS: antecedentes, ejes conceptuales y estrategia metodológica

En 1995 la Fundación W. K. Kellogg aprueba recursos para la financiación de proyectos micro regionales en Latinoamérica y el Caribe, con el propósito de mitigar los problemas de seguridad alimentaria y desnutrición de poblaciones rurales. Para la ejecución de estos recursos se crea el programa “Iniciativa de Nutrición Humana” (Díaz Cisneros, en Quispe Lymalla *et al.*, 2002). El programa consiste en un conjunto de acciones de carácter multidimensional, orientadas a reducir los niveles de desnutrición humana, cuya base fundamental es el establecimiento de alianzas estratégicas entre los grupos de población afectados, la mejora del capital humano y social de los sujetos, el uso eficiente y eficaz de recursos naturales marginales, el aprendizaje colectivo, la generación de empleos y la implementación de diversas alternativas para la obtención de agua potable y la producción de alimentos (Taveras e Hilares, 2004).

El componente principal de este plan de acción es la *participación de los beneficiarios*, desde el diagnóstico para identificar las necesidades sentidas de la zona en un orden de prioridad establecido por los miembros de la comunidad, hasta la ejecución de los proyectos para contrarrestar la escasez de alimentos y la falta de información sobre la manera óptima de alcanzar una dieta balanceada (Díaz Cisneros, en Quispe Lymalla *et al.*, 2002). Esta experiencia sienta como precedente la importancia del

protagonismo de los actores en el diseño y ejecución de los proyectos de intervención.

En el marco de la Iniciativa de Nutrición Humana, la Fundación W. K. Kellogg financia la propuesta presentada por el Grupo para Promover la Educación y el Desarrollo Sustentable (GRUPEDSAC), una organización civil sin fines de lucro ubicada en Piedra Grande, México. El proyecto de la GRUPEDSAC se concentró en la capacitación sobre “tecnologías alternativas”, contemplando como estrategia metodológica la creación de un Centro Educativo para el Desarrollo Rural (CEDER) y el financiamiento para capacitar en tecnologías referidas a captación de aguas pluviales, construcción de viviendas a partir de recursos locales, sistemas para el manejo de especies menores y ganado estabulado, entre otros temas.

La experiencia del GRUPEDSAC permitió valorar la importancia de los centros “demostrativos” como un espacio adecuado para la generación de tecnologías y el desarrollo de prácticas productivas y organizativas sustentables. A partir de ello, la F. K. W. Kellogg facilitó la participación de los técnicos de diferentes países (México, Centroamérica, El Caribe y Sudamérica) en talleres de capacitación en el CEDER. La etapa final del proceso de capacitación se concentró sobre la importancia y manera de reproducir los centros de capacitación y demostración en los países de origen de los participantes. La denominación que se le dio a estos centros fue *Centros de Aprendizajes e Intercambio de Saberes* (CAIS), por considerar que cada persona que participa en un centro o talleres proporciona también sus propios conocimientos, enriqueciendo a otros con su sabiduría.

Los CAIS son centros de “experimentación” y “demostración” creados en comunidades rurales pobres, cuya misión es transmitir y diseminar por medio de la educación, la capacitación y el intercambio de experiencias un conjunto de tecnologías que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de producción y vida de las familias de escasos recursos. Estos centros procuran experimentar y adoptar tecnologías alternativas tanto de producción como de consumo, por lo general de bajo costo y fácil transferencia, para luego promover su apropiación en las comunidades, mediante la participación de los usuarios y la recuperación de sus saberes y prácticas tradicionales (Tapella, 2004 b).



La estrategia metodológica de los CAIS contempla una serie de actividades o líneas de intervención comunitarias y sociales. Según Taveras e Hilaes (2004), los principales lineamientos son: 1. salud, nutrición y alimentación como ejes de la intervención; 2. producción sustentable y diversificación de actividades productivas (agropecuarias, forestales y artesanales), así como aprovechamiento de energías alternativas; 3. desarrollo de tecnologías propias y adaptación de tecnologías probadas en otros contextos; 4. ahorro y crédito, como formas privilegiadas de aumentar la autonomía y la base de operación colectiva; 5. participación ciudadana como modo de incidir en las decisiones que tienen que ver con la vida cotidiana de comunidades y municipios; 6. capacitación, educación y formación de promotoras y promotores en diversos ámbitos, a fin de favorecer procesos de desarrollo autogestionarios; y 7. adopción de los principios de la agroecología y la investigación participativa como estrategia de intervención.

La agroecología es mencionada –de alguna manera– como un eje vertebrador de las diferentes líneas y actividades en los CAIS. Se trata de una disciplina que delinea los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar, manejar y evaluar unidades denominadas agro-ecosistemas, incorporando dimensiones culturales, socioeconómicas, biofísicas y técnicas. La agroecología estimula a los promotores del desarrollo (investigadores y técnicos extensionistas) a capitalizar el conocimiento y habilidades de los agricultores. Así mismo, valora el gran potencial que resulta de estructurar la biodiversidad de forma tal que provea a los agro-ecosistemas la capacidad de permanecer y aun retornar a un estado estable (Altieri, 1995).

Algunas de las premisas agroecológicas básicas adoptadas por los CAIS pueden caracterizarse por: 1. considerar que la conjunción de sistemas biológicos y sociales, tienen un alto potencial agrícola; 2. los agricultores capturan este potencial mediante un proceso de ensayo-error, selección y aprendizaje cultural; 3. asumir que los sistemas biológicos y sociales han co-evolucionado de forma tal que cada uno depende de la retroalimentación del otro; y 4. que el conocimiento social y biológico formal, y el saber popular pueden ser combinados para mejorar ambos agro-ecosistemas (los “tradicionales” y los “modernos”) (Norgaard, 1987).

También desde el punto de vista metodológico los CAIS han adoptado el enfoque agroecológico, a partir del cual se pretende alcanzar un modelo de desarrollo socialmente equitativo y ambientalmente sostenible, por medio de procesos participativos de investigación y acción. Este proceso de intervención –de carácter educativo y transformador– permite el desarrollo de una práctica social mediante la cual los sujetos del proceso buscan la construcción y sistematización de conocimientos que lleven a incidir conscientemente sobre la realidad (Caporal y Costabeber, 1995).

El ámbito de acción de los CAIS varía desde el nivel territorial (el que puede incluir varios municipios, sus autoridades y sus múltiples grupos de interés), pasando por el grupo de productores en proceso de organización para la comercialización de sus productos, hasta llegar al nivel del individuo en su parcela, en busca de soluciones puntuales para sus cultivos. Según expresa Taveras *et al.* (2005) “[...] al construir sinergias desde diferentes lugares de la vida cotidiana, la experiencia de las organizaciones y la realidad de las comunidades, de pequeñas y grandes empresas, incluso de los gobiernos, se crea una concepción de la intervención de los proyectos como la acción dentro de un sistema complejo de relaciones en el cual se puede incidir”. Esto es, de alguna manera, un pilar central en la experiencia de los CAIS.

En Argentina, la F. W. K. Kellogg ha financiado 4 proyectos que han adoptado la figura de los CAIS. Si bien cada proyecto tiene un matiz diferente, mantienen elementos en común; por ejemplo, la estrategia de producción basada en principios agroecológicos y el objetivo de difundir tecnologías apropiadas para pequeños productores a partir de la experimentación en pequeños centros ubicados en la zona donde habitan los pobladores (Tapella, 2004 b). En los próximos párrafos se analiza la experiencia del CAIS en la provincia de Mendoza.

## El centro de capacitación y demostración de tecnologías apropiadas (CCDTA). El caso de un CAIS en Mendoza, Argentina

### Contexto institucional y de la intervención del CAIS en Mendoza

La Fundación Solidaridad (FS), responsable de la creación del CCDTA, tuvo sus orígenes a partir del trabajo voluntario en la pastoral social con comunidades eclesiales de base, lo cual permitió a sus actuales integrantes mantener un intercambio de experiencias con grupos de otras provincias y países. Esta vinculación fue el inicio de la transformación de esta organización hacia una postura más ecuménica y orientada hacia el desarrollo. Actualmente, la FS está formalizada como una institución privada, sin fines de lucro, cuya finalidad es el bien público y la promoción social. Desde 1982, año de su conformación, ha venido implementado diferentes programas de desarrollo local alternativo en sectores populares, buscando el desarrollo de la población como individuos, autónomos y capaces de llevar adelante sus propias organizaciones.

El contexto local de la provincia de Mendoza no fue ajeno al impacto que las políticas de ajuste y liberalización económica tuvieron sobre el sector rural durante los noventa. Los sectores más pobres (pequeños productores y trabajadores suburbanos y rurales) se vieron sometidos a condiciones de precariedad nunca vistos en el país, evidenciando problemas severos de alimentación y un creciente número de hogares bajo la línea de indigencia (Tapella, 2004 b). La FS ha concentrado su intervención sobre este sector, conformado básicamente por mujeres jefas de hogar, pequeños productores y pobladores rurales sin tierra, quienes representan el sector más vulnerable del campo.

Mediante su intervención, la FS pretende contribuir con la generación de oportunidades para la superación de la pobreza, desde una perspectiva de desarrollo humano, sostenible y autogestionable. Algunos de los valores que sostienen son la *diversidad*, la *solidaridad*, la *equidad de género* y la *replicabilidad*. La estrategia de intervención de la FS ha sido

claramente definida por sus integrantes, quienes consideran que la misma debe: 1. partir de la participación y protagonismo de los beneficiarios, desarrollando y dinamizando sus iniciativas y capacidad emprendedora como personas; 2. mantener una actitud de intercambio permanente entre técnicos y pobladores quienes poseen culturas diferentes; 3. intentar satisfacer las necesidades tanto de generaciones presentes como futuras, en el marco de un uso racional y sustentable de los recursos; y 4. combinar criterios económicos y de equidad social, potenciando la interdependencia y la solidaridad entre los distintos actores sociales.

Desde 1984 hasta la actualidad la FS ha ejecutado acciones en proyectos tales como la autoconstrucción de viviendas rurales, micro-emprendimientos artesanales (panadería, producción de dulces y mermeladas, jabones, etcétera), huertas y granjas familiares, capacitación en fortalecimiento de organizaciones, comercialización y micro-crédito, etcétera. El equipo de la FS ha tenido gran capacidad para articularse con diferentes organizaciones, para recibir fondos y prestar servicios de capacitación y gestión a esas entidades, y ha sabido construir un conjunto de alianzas estratégicas, lo cual ha potenciado su accionar. Hoy en día, la FS ha logrado posicionarse como una institución confiable y con gran aceptación por parte de los beneficiarios y otras entidades del medio.

## El CCDTA: algunos resultados

Con la creación del CCDTA la FS ha pretendido fortalecer su trabajo de capacitación y extensión rural, al contar con un espacio físico apropiado. El CCDTA está organizado en un predio de unas 6 ha, en las cuales existen sectores para la producción y la experimentación (extensiones para siembra, invernáculos, reservorios de agua, etcétera), talleres con maquinaria e implementos, sector de granja y huerta, sala de capacitación, casas para albergar a los participantes de las diversas capacitaciones y espacios de recreación. Para la realización de todas las instalaciones (invernáculos, casas, sala de capacitación, etcétera) se han utilizado diferentes técnicas de construcción y fabricación, las cuales son promovidas por la misma

FS en las comunidades donde trabaja. El taller montado en el CCDTA ha permitido fabricar o reparar herramientas, además de poder diseñar o adaptar las tecnologías que se están experimentando y promoviendo en la zona.

En el CCDTA se han adaptado un conjunto importante de tecnologías de producción, consumo, aprovechamiento de energía solar, etcétera, todas ellas de gran utilidad en el marco de una estrategia orientada a fortalecer economías domésticas agroecológicas y de autosubsistencia. En el Centro se han desarrollado –a modo experimental y con participación de los pequeños productores– diferentes cultivos, destinados tanto para el mercado como para el autoconsumo, utilizando variadas técnicas, sistemas de siembra y conducción del riego. Por ejemplo, en cuanto a cultivos para el autoconsumo, la FS ha desarrollado una huerta orgánica muy completa, utilizando diferentes tecnologías, algunas más tradicionales (siembra por surcos) y otras más novedosas (cama alta o cama de siembra). También se han instalado tres tipos de invernáculos, uno de fabricación industrial, otro elaborado con caños plásticos (más pequeño y versátil) y otro elaborado con madera de álamo. En este caso, la diversidad ha permitido a los productores –quienes hoy están instalando sus propios invernáculos– valorar la relación costo/beneficio de cada uno en comparación con el resultado productivo.

La propuesta agroecológica ha tenido hasta ahora mayor adopción en aquellas actividades productivas orientadas al autoconsumo. No obstante, la idea de sustentabilidad y protección de los recursos naturales ha quedado impregnada entre los miembros de los grupos, quienes han iniciado una transición hacia prácticas agrícolas orgánicas. El cambio total de sus prácticas tradicionales hacia la agroecología será posible en la medida que tales prácticas garanticen el acceso al alimento y mejores condiciones de ingreso. Esto no es posible aún, ya que para la adopción de ciertas técnicas existen limitantes estructurales no resueltas, tales como no la tenencia de tierra de la mayoría de los beneficiarios y la falta de acceso al agua. Estos factores, no valorados inicialmente, han condicionado la adopción de ciertas prácticas productivas y técnicas para el manejo del suelo. Además, el hecho de que estos pequeños productores

prácticamente convivan con grandes empresarios agrícolas (altamente mecanizados y acostumbrados al uso de productos agrotóxicos), se convierte también en una barrera cultural.

La estrategia de la FS ha buscado además consolidar un modelo organizativo y productivo autosustentable a través de un programa de capacitación destinado a jóvenes y líderes comunitarios, quienes se forman en el CCDTA y luego replican los conocimientos en sus comunidades. El programa de capacitación no sólo se ha centrado en el uso de tecnologías apropiadas y sustentables (de producción y consumo), sino que también ha capacitado a los productores en aspectos organizativos, gestión comercial y manejo de créditos.

En cuanto a lo asociativo, se ha contemplado el apoyo y fortalecimiento a grupos operativos, así como el fomento a la organización de los productores. Uno de los principales logros es haber consolidado una organización intergrupala de los beneficiarios en el marco de una red de pequeños productores. Esta red ha mantenido una serie de encuentros en el CCDTA, donde se trataron temas como crédito (condiciones y compromisos para la devolución), uso del tractor y maquinarias de la FS, estado de avance de las parcelas demostrativas realizadas en conjunto con INTA dentro de las instalaciones del Centro, y los acuerdos básicos para la instalación y mantenimiento de un puesto de venta en la Feria. Si bien la experiencia es reciente, ya se ha logrado valorar la figura asociativa como forma de alcanzar objetivos comunes, tales como la compra de maquinaria, herramientas e insumos o la comercialización de sus productos. Por su parte, la capacitación y apoyo en cuanto a servicios de crédito ha permitido la creación de un servicio de financiamiento propio, el cual funciona como un fondo rotatorio que permite acompañar y favorecer la adopción de tecnologías. Y, a partir de la organización, han logrado ubicar sus productos en forma directa a través de un puesto de venta en el mercado de abasto provincial y en algunos comercios y restaurantes de la zona.

La creación del CCDTA también ha procurado facilitar la sostenibilidad de la FS a través de la venta de servicios a terceros (servicio de mecanización, venta de plantines, alquiler del centro para eventos de capacitación,

servicios profesionales y asistencia técnica, realización de convenios de cooperación y alianzas estratégicas con otras entidades públicas y privadas). Esta intencionalidad tuvo resultados positivos, sin embargo el CCDTA aún depende de la cooperación externa y el financiamiento de los programas de desarrollo rural, que confían en la ES la ejecución de algunos proyectos. Sumado a ello, hay que mencionar que el trabajo de sus técnicos –basado en el voluntariado– ha permitido contar con recursos humanos muy comprometidos con el sector campesino; sin embargo, su dedicación parcial y sujeta a la disponibilidad horaria, ha limitado el alcance de los objetivos institucionales.

El CCDTA tiene escasa disponibilidad de recursos humanos y técnicos, particularmente en aspectos tecnológicos y productivos, así como de metodologías de investigación y experimentación. Esta situación ha limitado –en algunos casos– el aprovechamiento de la infraestructura disponible. Por un lado, algunos de los ensayos realizados en el CCDTA, más allá de obtener resultados positivos o negativos, no cuentan con el seguimiento y sistematización adecuada (registros productivos, variables externas donde se los desarrolla, laboreo requerido, etcétera), con lo cual cuesta determinar por qué se obtienen ciertos resultados y –en consecuencia– cómo multiplicar tales tecnologías en el predio de los productores. Por otro lado, muchas de las tecnologías que fueron “apropiadas” y “apropiables” en otros contextos similares (Chile y México, por ejemplo), no lo han sido acá. A partir de ello es necesario re-pensar las condiciones del contexto (incluyendo los aspectos culturales y sociales) antes de experimentar ciertas tecnologías (por ejemplo, uso de deshidratador de frutas y hortalizas, construcciones con técnicas de suelo-cemento, uso de la cama de siembra para agricultura orientada al mercado, etcétera).

La mayoría de los cursos y talleres auspiciados por la F. W. K. Kellogg en diferentes países de la región, se han concentrado sobre determinadas tecnologías (principalmente las probadas en GRUPEDSAC), las cuales no siempre son útiles a los distintos CAIS, provocando –a veces– un ligero estancamiento. Es necesario rediseñar estas capacitaciones, concentrándose más en la metodología de experimentación adaptativa e innovación tecnológica con la participación de los productores que en el contenido

de determinadas técnicas o tecnologías que son útiles para una región pero no para otras.

## Reflexiones finales

### El aprendizaje e intercambio de saberes como eje para la adopción tecnológica

Como se ha mencionado, la innovación y adopción tecnológica en el medio rural ha sido una preocupación constante en la agenda de las instituciones públicas y privadas, aunque no siempre esto ha logrado garantizar el mejoramiento de las condiciones de vida de los campesinos y pequeños productores agropecuarios.

Los CAIS han sido presentados como una alternativa para la experimentación y la adopción de tecnología en medios rurales marginales, donde las instituciones y metodologías tradicionales de la extensión rural no han tenido el éxito esperado. Más allá de los importantes logros alcanzados por el CAIS de Mendoza (el CCDTA), los cuales han sido señalados en el capítulo anterior, se presenta –en los próximos párrafos– una reflexión en torno a ciertos aspectos no atendidos, los cuales podrían potenciar los resultados actuales.

### La noción de tecnología<sup>3</sup> y el proceso de innovación

Es importante resaltar que la tecnología no debe ser vista como una variable independiente, sino como producto de una compleja red de interacciones sociales, donde es necesario la contextualización de los problemas en marcos explicativos que abarquen las problemáticas

3. En este trabajo se usa el concepto de tecnología en su sentido más amplio, lo que incluye a los artefactos tecnológicos o tecnologías “tangibles” (*hardware*) y a las distintas técnicas, conocimientos y fundamentos (*software*) o tecnologías intangibles, las cuales permiten la transformación de la naturaleza en forma sostenible. Véanse Dorfman y Custer, en Cáceres *et al.* (1997) y Carballo (2002).



sociales, políticas, económicas y medio ambientales de un espacio determinado (Cáceres *et al.*, 2000). La tecnología debería ser entendida como un medio que permite actuar sobre la naturaleza, pero también, como una forma de construir la sociedad y las relaciones humanas. Esto implica que tecnología y sociedad están íntimamente relacionadas. El hombre crea la tecnología y la tecnología impregna la sociedad toda, recreando a ésta en un proceso continuo y dialéctico (Cáceres *et al.*, 1997).

El proceso de innovación tecnológica es complejo. Si se asume que la tecnología debe ser un medio para el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores rurales, también hay que asumir que la visión de lo que es “mejor” puede ser diferente entre técnicos y productores. Entonces, es importante tener en cuenta que las representaciones tecnológicas que técnicos y pequeños productores sustentan como apropiadas o inapropiadas a su realidad, son producto de la expresión de mundos de vida muy diferentes. En función de ello hay que reconocer que existe una disputa y negociación acerca de cuál es la “visión tecnológica legítima” que debe orientar las prácticas tecnológicas de los productores (Cáceres *et al.*, 2000). Muchas veces la visión tecnológica legítima contiene tanto aquellas tecnologías propuestas por el técnico, como aquellas diseñadas por ellos mismos (Cáceres *et al.*, 1997), produciéndose un proceso de adaptación o modificación constante.

Este proceso complejo de innovación tecnológica, dual y dialéctico, no siempre ha sido comprendido adecuadamente por el CCDTA. Muchas de las tecnologías que se han intentado promover o difundir no han sido “apropiables” por los productores de esta zona, aun cuando fueron “apropiadas” para otros contextos similares (por ejemplo, el ahumador de carnes, el horno/cocina, la cocina de tres hornallas, la bomba de soga o mecate, la estufa de aserrín, la máquina de moler residuos, la enfardadora de tambor, sistema de riego por goteo familiar, entre otras tecnologías y técnicas para el manejo productivo).

Para el caso de los CAIS sería muy importante adoptar algunos de los presupuestos básicos señalados por Cáceres *et al.* (2000) con respecto al proceso de innovación tecnológica, a saber:

- Tanto los productores como los extensionistas deberán acordar una base diagnóstica compartida, por medio de un proceso de reflexión y análisis de la realidad sobre la que pretenden actuar.
- Este diagnóstico deberá identificar algunos problemas productivos en función de una interrelación de factores que funcionan como condicionantes y determinantes. En tal sentido, es probable que muchos problemas no tengan que ver con la producción, sino con situaciones de infraestructura de servicios básicos o cuestiones productivas que no pueden ser resueltas por una tecnología. Por ejemplo, incrementar la productividad de un rubro determinado cuando el problema real es el mercado; o procurar un manejo orgánico y mejoramiento del recurso del suelo, cuando se trata de un productor que no es propietario de la tierra y tiene incertidumbre respecto a su continuidad en ese predio el año siguiente.
- No existe “una” sola alternativa para cada problema productivo, pudiendo utilizarse una o varias técnicas para solucionarlo. La respuesta técnica tiene que ser apropiada a las condiciones socio-productivas particulares, independientemente de que ésta se fundamente en el conocimiento científico o el saber local (o una combinación de ambos).
- Los actores involucrados en este proceso –tanto productores como extensionistas– deben tener disposición para solucionar el problema tecnológico. Si uno de los actores no se compromete con este cambio, difícilmente se podrá implementar una innovación tecnológica.

## La noción de espacio tecnológico

Es necesario asumir que por lo general los productores son conscientes de las estrategias de reproducción social que desarrollan, por lo cual saben con cierta precisión los procesos de cambio tecnológico que pueden realizar y los que no. La lógica sobre la cual los pequeños productores basan su operación socioeconómica, y en consecuencia la adopción o no de una tecnología, responde a criterios distintos a los seguidos por los productores capitalistas (Cáceres *et al.*, 1997). Tal como señala Rodríguez Bilella

(1997), estos criterios se encuentran relacionados básicamente con dos condiciones de cambio: 1) su propia concepción de la naturaleza y los conocimientos referidos a prácticas agrícolas concretas conocidas como *saber local* o *saber popular*; y 2) la *lógica de seguridad* o *aversión al riesgo*, la cual indica una lógica oculta en el proceso de adopción de prácticas y tecnologías.

En tal sentido, vale señalar algunas de las condiciones que –según Fujisaka (1994)–, facilitarían la adopción tecnológica por parte del productor. Para que exista adopción, señala el autor, es necesario que: a) la propuesta de innovación tecnológica ataque el problema priorizado por el productor; b) la propuesta tecnológica ofrezca resultados similares o mejores a los que se tenían con la práctica previa; c) existan beneficios concretos con el uso de tal tecnología, por ejemplo ahorro de tiempo, esfuerzo y dinero; d) el nuevo enfoque respete el sistema de producción agrícola previamente establecido y reconozca las limitantes estructurales (tenencia de la tierra, por ejemplo); y e) la nueva tecnología no contradiga pautas culturales arraigadas (por ejemplo, el rechazo de criar conejos para el autoconsumo).

En función de lo antes expresado, es necesario resaltar la importancia que tiene el análisis del espacio tecnológico en el contexto de la innovación que se realiza en los CAIS con pequeños productores. El *espacio tecnológico* puede ser definido como “el conjunto de condiciones y restricciones que una tecnología debe satisfacer para responder a una necesidad” (Herrera, 1978). Este concepto manifiesta la necesidad de analizar con profundidad el entorno de un sistema productivo, incluyendo sus características sociales, económicas y ambientales, como paso previo a la intervención o transferencia de determinada tecnología.

Estos aspectos no han sido analizados –al menos con rigurosidad– en el caso del CCDTA de Mendoza. Por ello, aprovechando el trabajo de Herrera (1978), se sugiere una serie de pasos que podrían ser útiles a la hora de repensar la intervención, desde este centro y otros similares bajo la figura de los CAIS.

- Profundizar el estudio de las condiciones socioeconómicas de cada una de las áreas de trabajo o zonas donde se interviene (zona rural

o suburbana), determinando las diferentes problemáticas y factores que puedan obstaculizar la adopción de determinada tecnología (por ejemplo, el acceso a la tierra). Este análisis debe permitir abstraer el problema tecnológico del resto de los problemas a solucionar.

- Analizar qué función cumplen cada una de las tecnologías propuestas para la solución de los problemas (productivos, organizativos, comerciales, etcétera). Esto permite conocer *ex ante* cuáles alternativas representan un avance hacia su solución.
- Analizar primero y priorizar las soluciones locales al problema. El rescate del conocimiento popular y la incorporación de las tecnologías locales muchas veces es la opción más sustentable.
- Estudiar los recursos naturales de la región, determinando con qué variables se cuenta (y si son manejadas por los productores) y con cuáles no.
- Definición del espacio tecnológico, lo cual se traduce en la posibilidad de encontrar tecnologías apropiadas y coherentes siempre que respondan a ese marco de referencia.

## Consolidando la estrategia de intervención del CCDTA

La experiencia del CCDTA de Mendoza es reciente. Más allá de algunos resultados o metodologías que pueden ser discutibles, sin duda representa una experiencia alternativa a la tradicional visión de la asistencia técnica y la transferencia de tecnología que se ha venido ofreciendo desde el Estado y el sector privado. Es meritorio el hecho de haber instalado un CAIS como el descrito, adoptando una metodología de investigación acción participante para la construcción de saberes y tecnologías que sirvan al sector de pequeños productores rurales. Aun cuando hay muchos aspectos a mejorar, es destacable el esfuerzo realizado hasta ahora, sobre todo si se tiene en cuenta que la mayoría de los actuales beneficiarios de la FS no habían recibido con anterioridad apoyo desde los servicios tradicionales dedicados a la extensión rural (tanto del gobierno provincial como del INTA).

El CCDTA es sumamente pertinente y oportuno en función de las necesidades y requerimientos que expresan los pobladores atendidos. Los beneficiarios han valorado este servicio, aun cuando sostienen que ciertas tecnologías y prácticas desarrolladas en el centro no les son de total utilidad, o son difíciles de aplicar. Más allá de determinadas técnicas, los actores defienden la modalidad de intervención adoptada por el equipo de la FS, quien comparte el poder de decisión sobre las principales acciones del centro con los usuarios del mismo. El avance en cuanto a lo organizativo, ha creado un ambiente propicio y favorable a la innovación de tecnologías en lo productivo y lo comercial, en tanto los beneficiarios reconocen y valoran el trabajo que se desarrolla en el CCDTA. Al tiempo que los usuarios cuestionan el modelo tradicional de asistencia técnica desde el Estado (basado en prácticas transferencistas y –a veces– clientelísticas), demandan de la FS una mayor profundización en cuanto al desarrollo tecnológico tendiente a fortalecer sus actividades productivas y de gestión comercial. En la medida que la FS y el CCDTA se consoliden y tengan continuidad, se irán creando también condiciones favorables para la sostenibilidad de los proyectos que ellos apoyan y las tecnologías que desde el centro de intentan multiplicar.

## Referencias

- ALTIERI, M. A. (1995) *Agroecology: The science of sustainable agriculture*, Westview Press, Boulder.
- BENENCIA, R., BOCCHICHIO, A., CARBALLO, C., CATTANEO, C., FERRAZZINO, A., GROPPA, V., MARGIOTTA, E., MIRASSQUI, S., PEREZ, I., PUPPI, N., ROMÁN, M., SALINAS, E., SHINELLI, E., SOUZA, J. y VERA, V. (1988) “La extensión rural en Argentina” en *La economía agraria argentina. Consideraciones sobre su evolución y situación actual*, Asociación Argentina de Economía Agraria (AAEA), Buenos Aires.
- CÁCERES, D. (2003) “Catálogo de tecnologías para pequeños productores agropecuarios”, Serie Estudios e Investigaciones N° 5, PROINDER, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires.
- y WOODHOUSE, P. (1996) “Algunos factores que limitan la innovación tecnológica. un estudio de caso” en *Desarrollo Agroforestal y Comunidad Campesina*, 5(23), 2-7.
- SOTO, G., SILVETTI, F., ROBLEDO W. y CRESPO, H. (1997) “La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores” en *AgroSur* (Chile), Vol. 24 (2), pp 23-135.
- SILVETTI F., FERRER, G., SOTO, G. y CRESPO, H. (2000) “Lógicas productivas y prioridades tecnológicas de pequeños productores y técnicos que interactúan en proyectos de desarrollo rural” en *Cuadernos de Desarrollo Rural* (Colombia), Vol. 43, pp 81-95.
- CAPORAL, R. y COSTABEBER, J. A. (1995) “Extensión rural: del difusionismo hacia la agroecología”, ciclo de Cursos y Seminarios sobre Agroecología y Desarrollo Sostenible en América Latina y Europa, Universidad Internacional de Andalucía, España.
- CARBALLO, C. (2002) *Extensión y transferencia de tecnología en el sector agrario argentino*, Editorial de Universidad de Buenos Aires.
- CHELÉN, D., DELPIANO, A., MICHELI, B., SOTOMAYOR, D., PINTO, R., YAÑEZ, R., VÍO, G., TAPIA, G., ARACENA, D., OSSANDÓN, D. y VEGA, M. (1993) “Manual para la autoformación básica: aspectos metodológicos y educacionales de la transferencia tecnológica”, Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y

- Programa Interdisciplinario de Investigaciones en Educación (PIIE), Santiago de Chile.
- CIRIO, F. C. (1990) “Desarrollo tecnológico y organización institucional. Reflexiones para el futuro a partir de caso argentino”, INTA, Buenos Aires.
- FUJISAKA, S. (1994) “Learning from Six Reasons Why Farmers Do Not Adopt Innovations Intended to Improve Sustainability of Upland Agriculture” en *Agriculture Streams*, 46, pp 409-425.
- HAGEN, E. (1962) “On the Theory of Social Change”, Homewood (IL), Dorsey Press.
- HERRERA, A. (1978) “Desarrollo, tecnología y medio ambiente”, ponencia presentada en el Seminario Internacional sobre Tecnologías de Nutrición y Vivienda, Centro Internacional de Formación de Ciencias Ambientales y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. AVE, México.
- IICA (1997) “El complejo transferencia de tecnología, asistencia técnica y extensión agropecuaria”, San José de Costa Rica.
- KAY, C. (2000) “Latin America’s Agrarian Transformation: Peasantization and Proletarianization” en BRYCESON, D., KAY, C. y Mooij, J. (eds.) *Disappearing Peasants? Rural Labour in Africa, Asia and Latin America*, pp. 123-38. Londres, Intermediate Technology Publications.
- MANZANAL, M. (1990) “El campesinado en la Argentina: un debate tardío o políticas para el sector: una necesidad impostergable” en *Realidad Económica* N° 97, pp. 137-52.
- (2000) “Los programas de desarrollo rural en la Argentina, en el contexto del ajuste macro-económico neoliberal” en *EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales*, N° 78, Vol. XXVI, pp. 77-101.
- MARTINEZ NOGUEIRA, R. (1990) “Los pequeños proyectos: ¿microsoluciones a macro-problemas?” en *La trama solidaria. Pobreza y microproyectos de desarrollo social*, pp 109-45. Buenos Aires, Imago Mundi/GADIS.
- NOOGAARD, R. (1987) “Bases epistemológicas de la agroecología” en *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*, Wesview Press, Boulder.
- QUISPE LYMALLA, A., HERNÁNDEZ JUÁREZ, M. y JIMÉNEZ SÁNCHEZ, L. (2002) “Evaluación de impacto socioeconómico del proyecto conservación y transformación de alimentos en comunidades campesinas del Valle del Mantaro, región central del Perú”, proyectos de la Iniciativa de Nutrición

- Humana apoyados por la Fundación W. K. Kellogg, Editorial del Colegio de Postgraduados en Estudios del Desarrollo Rural, México.
- RODRÍGUEZ BILELLA, P. (1997) “Saber campesino y estrategias de intervención”, en *Serie de análisis y reflexión sobre la realidad de los pequeños productores y el PSA*, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación-Programa Social Agropecuario, San Juan, Argentina.
- SAWERS, L. (1996) *The Other Argentina. The Interior and National Development*, Oxford, Westview Press.
- TAPELLA, E. (2003) “Social Funds and Targeting the Poor: the case of the Social and Agricultural Program in Argentina” en *Federico Caffè Centre Research Report*, N° 3, Dinamarca: Department of Social Sciences, Roskilde University <<http://www.ssc.ruc.dk/federico/>>.
- (2004 a) “Reformas estructurales en Argentina y su impacto sobre la pequeña agricultura. ¿nuevas ruralidades, nuevas políticas?” en *Estudios Sociológicos*, N° 66, septiembre-diciembre, pp. 669-700, Revista del Colegio de México. México.
- (2004 b) “Agroecología, seguridad alimentaria y desarrollo sustentable en Argentina: sistematización de cuatro experiencias en el contexto de la crisis reciente”, publicado en el CD de la Primera Conferencia de la Red de Seguimiento, Evaluación y Sistematización de América Latina y Caribe, Lima Perú. El trabajo también se publicó en la Biblioteca Electrónica sobre Sistematización del CEAAL/ALFORJA, disponible en <<http://www.alforja.or.cr/sistem/biblio.html>>.
- TAVERAS, A. S. y HILARES, G. (2004), “Primer borrador de la sistematización de la iniciativa de nutrición humana, corregida en base a la revisión del grupo dinamizador”, Reunión Valente, Brasil, 12 de mayo.
- TAVERAS, A. S., BARNEY, M. y BANDA, J. (2005) “Borrador propuesta fortaleciendo la RedCAIS”, México/Argentina.
- TAYLOR, J. G. (1979) *From Modernization to Modes of Production: A Critique of the Sociology of Development and Underdevelopment*, Londres, Macmillan.





## Nota sobre los autores

### **AROCENA, Rodrigo**

Es doctor en Estudios del Desarrollo y doctor en Matemática por la Universidad Central de Venezuela. Ha publicado numerosos trabajos, como matemático, en temas de Análisis Armónico y Teoría de Operadores. Su labor de investigación y enseñanza se ha concentrado en la temática del desarrollo. Es profesor titular de Ciencia y Desarrollo de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, Uruguay, de la que recientemente ha sido electo Rector.

### **BUNCHAFT, Antonio**

Director de PANGEA –Centro de Estudos Socioambientais, Salvador de Bahía, Brasil. Se licenció en Economía en la Universidad Federal de Bahía-UFBA/Brasil, especializándose en Educación Ambiental con un Máster en Urbanismo en la misma universidad. En la actualidad está haciendo su doctorado sobre Planeación Territorial y Desarrollo Local en la Universidad de Barcelona, España, con una bolsa de FAPESB –Fundação Baiana de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia/Brasil. Experto en la Coordinación de Proyectos de Cooperación Técnica Internacional en el Área de Desarrollo Sostenible e Inclusión Social, es uno de los asesores técnicos del Movimiento Nacional de los Recicladores de Materiales Reciclables de Brasil. Actualmente disfruta de una beca de la Fundação Baiana de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia-FAPESB, Brasil.

### **CAPECCHI, Vittorio**

Profesor Ordinario de la Universidad de Bolonia. Director de la Maestría sobre Tecnología para la Calidad de la Vida. Autor de numerosos ensayos y libros sobre la temática de la innovación tecnológica, el desarrollo industrial y sobre la responsabilidad social de la empresa.

**CASTRO DÍAZ-BALART, Fidel**

Máster en Física, Universidad de Lomonosov; Filial del Instituto Unificado de Investigaciones Nucleares de Dubna. Rusia. Doctor en Ciencias Fisicomatemáticas, Instituto Kurchatov de Energía Atómica, Rusia, 1978 y doctor en Ciencias, Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nucleares de La Habana. Es autor de varios libros publicados en Cuba y en el extranjero. Ha intervenido en prestigiosas conferencias internacionales y tiene más de un centenar de artículos editados por revistas especializadas relacionadas con la física, la energía nuclear y la gestión de la innovación y el conocimiento. Actualmente es investigador, profesor y académico titular y asesor científico del Consejo de Estado.

**CASTRO SÁNCHEZ, Fernando de Jesús**

Licenciado en Filosofía, Universidad de Matanzas, 1986, máster en Sociedad, Ciencia y Tecnología en Europa, Universidad de Roskilde, Dinamarca, 2003 y máster en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Universidad de La Habana, 2000. Cuenta con más de diez años de experiencia en investigaciones y estudios realizados vinculados a la Sociología de la Ciencia y la Tecnología, las políticas de ciencia e innovación en la educación superior y los vínculos de la Educación y el Desarrollo. Actualmente es profesor-investigador del Centro de Estudios y Desarrollo Educacional de la Universidad de Matanzas.

**CASSIOLATO, José Eduardo**

Graduado en Economía, doctor en Desarrollo, Industrialización y Política de Ciencia y Tecnología, SPRU, Universidad de Sussex, 1992, Inglaterra. Máster en Economía del Desarrollo, Universidad de Sussex, 1978, Inglaterra. Tiene más de veinte años de experiencia en investigación y docencia en las temáticas economía de la innovación; economía del desarrollo; política industrial y de C&T. Actualmente es Profesor del Instituto de Economía (IE/UFRJ) y Coordinador de la Red de Investigación en Sistemas Productivos e Innovativos Locales-RedeSist (IE/UFRJ), Brasil. Profesor invitado del Curso de Posgraduación en Economía Industrial de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Rennes, Francia (desde

2000); y de la Escuela de Posgraduación en Innovación y Desarrollo Económico: Globelics Academy, Lisboa, Portugal (desde 2004).

**DELGADO, Gian Carlo**

Economista mexicano con grado de maestría en Ciencias Ambientales por parte de la Universidad Autónoma de Barcelona. Actualmente realiza sus estudios doctorales en el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la misma universidad. Autor de *La amenaza biológica: mitos y falsa promesas de la biotecnología* (México, 2002); de *Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Militarización* (México, 2004), de *Agua y Seguridad Nacional* (México, 2005); y de *Agua, usos y abusos* (México, 2006). Coautor con John Saxe-Fernández de *Imperialismo y Banco Mundial en América Latina* (La Habana, 2004).

**FEBLES RODRÍGUEZ, Juan Pedro**

Licenciado en Matemáticas, Universidad Central de las Villas, 1974. Doctor en Ciencias Técnicas, Control Automático, especialidad Informática, año 1986, Cuaje. Su campo de investigación es la Inteligencia Artificial, desde veinte años, Bioinformática en los últimos cinco. Actualmente es Director del Centro Nacional de Bioinformática, profesor titular de varios programas de maestría y doctorado, Presidente del comité académico de la maestría en Bioinformática y Jefe del PNCT de Tecnología de la Información

**GALLINA, Andrea**

Doctor en Ciencia Sociales, Universidad de Roskilde, profesor asociado de Economía y Política Internacional, director del Centro de Estudios Federico Caffè en el Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de Roskilde en Dinamarca. Ha trabajado y coordinado proyectos de investigaciones sobre desarrollo económico local, innovación y liberalización del comercio. Desde el 1998 coordina la red Lentisco (Red Latinoamérica-Europa sobre Estudios de Innovación Tecnológica y Co-desarrollo). Ha publicado varios libros y artículos en revistas científicas internacionales en italiano, inglés y español.

**LAGE DÁVILA, Agustín**

Doctor en Medicina, Universidad de La Habana, 1972. Especialista en Bioquímica, 1974. Doctorado en Ciencias Médicas, especialidad Oncología, 1979. Ha trabajado en investigaciones sobre tratamiento del cáncer desde 1975. Estudios de posgrado en el Instituto Pasteur de París en 1976-1978. Investigaciones en el Instituto de Oncología sobre marcadores bioquímicos de pronóstico en cáncer mamario. Participó en la organización del Programa Nacional de Reducción de Mortalidad por Cáncer en Cuba de 1985 a 1990. A partir de 1991 se desempeña como Director General del Centro de Inmunología Molecular en el Polo Científico de Ciudad Habana. La línea actual de investigación es la Inmunoterapia del Cáncer con Anticuerpos Monoclonales y Vacunas Terapéuticas. Miembro de la Academia de Ciencias de Cuba. Diputado a la Asamblea Nacional del Poder Popular desde 1993.

**MARTINS LASTRES, Helena María**

Graduada en Economía, IE/UFRJ, 1975, Rio de Janeiro, Brasil. Doctora en Desarrollo, Industrialización y Política de Ciencia y Tecnología, SPRU/Universidad de Sussex, 1992, Inglaterra. Máster en Ingeniería de Producción, Coppe/UFRJ, 1981. Más de veinte años de experiencia en investigación y docencia en política de desarrollo industrial y tecnológico; economía de la innovación, de la información y del conocimiento y arreglos y sistemas productivos e de innovación locales. Actualmente es investigadora titular del IBICT/MCT y coordinadora de la Red de Investigación en Sistemas Productivos e Innovativos Locales-RedeSist del Instituto de Economía, de la Universidad Federal de Río de Janeiro (IE/UFRJ), Brasil. Miembro del Conselho Regional da SBPC (desde 2004). Profesora invitada del Curso de Posgraduación en Economía Industrial de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Rennes, Francia (desde 2000); y de la Escuela de Posgraduación en Innovación y Desarrollo Económico: Globelics Academy, Lisboa, Portugal (desde 2005).

**NÚÑEZ JOVER, Jorge R.**

Licenciado en Química, Universidad de La Habana, 1972. Grado Académico y especialidad. Doctor en Filosofía, Universidad de La Habana,

1994. Principal línea temática de trabajo y años de experiencia. Dedicado a los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS) en Cuba y en América Latina desde hace más de veinte años. Miembro de la Red de investigadores de la Organización de Estados Ibero Americanos, miembro de consejos editoriales de varias revistas iberoamericanas. Dedicado a la gestión, la investigación y el posgrado en las universidades en los últimos quince años. Miembro del grupo de expertos de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado. Actualmente es Director de Posgrado de la UH desde 1992; coordinador de la Cátedra CTS + I de la UH (2001 en adelante); Presidente del Comité Académico de la Maestría CTS (1997 en adelante) y miembro de la Comisión Nacional para el Perfeccionamiento de la Educación de Posgrado.

**MONTALVO ARRIETE, Luis Félix**

Ingeniero economista, Instituto de Automóviles y Viales de la ciudad de Jarkov (ex URSS), 1983. Doctor en Política Científica y Tecnológica, Universidad de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil, 1998. Máster en Política Científica y Tecnológica, Universidad de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil, 1992. Sus principales líneas temáticas son relacionadas con la política científica y tecnológica; gestión de la innovación tecnológica y el Sistema Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica política. Tiene más de veinte años de trabajo en investigaciones y estudios realizados vinculados a la evaluación y análisis de de la C&T en Cuba y a la evaluación de políticas en C&T. Es profesor-investigador de la Cátedra Cubana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I de la UH.

**PÉREZ ONES, Isarelis**

Licenciada en Sociología, Universidad de La Habana, 1997. Máster en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Universidad de La Habana, 2001. Posee diez años de experiencia en investigaciones y estudios realizados vinculados a la Sociología de la Ciencia y la Tecnología. Actualmente es profesora-investigadora de la Cátedra Cubana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I de la UH.

### **PÉREZ ROJAS, Hugo Celso**

Se graduó de físico teórico en la Universidad de La Habana. Enseñó en la Facultad de Física de esa propia universidad, desde 1965 hasta 1971. Es jefe del Grupo de Física Teórica en el Instituto de Cibernética, Matemáticas y Física (ICIMAF), del CITMA. Obtuvo su doctorado en Ciencias Físicas en 1978 en el Instituto P. N. Lebedev de Moscú, y el de doctor en Ciencias en el Instituto de Física de Bratislava, la Academia Eslovaca de Ciencias en 1987. Entre sus áreas de investigación están los problemas de la astrofísica y la cosmología contemporáneas y su interés por otros problemas de la ciencia, especialmente los relacionados con el desarrollo de la ciencia en el Tercer Mundo. Fue decano de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana. Promovió la superación de la enseñanza de Física en la Universidad al divulgar libros de texto modernos e iniciar la investigación. En 1972 se trasladó al Instituto de Investigaciones Técnicas Fundamentales en la Academia de Ciencias de Cuba. Desde 1975 el profesor Pérez Rojas ha contribuido al desarrollo de las ciencias fundamentales en Cuba, así como en otros países latinoamericanos. Es miembro de la Academia de Ciencias de Cuba, de la Academia latinoamericana de Ciencias y Miembro de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo.

### **SUTZ, Judith**

Judith Sutz es ingeniera eléctrica y magíster en Planificación de la Ciencia y la Tecnología por la Universidad Central de Venezuela y Doctora en Socioeconomía del Desarrollo por la Universidad de París I. Ha desarrollado una extensa labor de investigación, enseñanza y asesoramiento en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Actualmente es profesora titular de la Universidad de la República, Uruguay, y coordinadora académica de su Comisión de Investigación Científica.

### **TAPELLA, Esteban**

Imparte clases sobre “planificación social” y es investigador en el Instituto de Investigación Social y Económica de la Universidad de San Juan, en

Argentina, en donde está asociado con PETAS (Programa de Estudios del Trabajo, el Ambiente y la Sociedad). Su proyecto actual de investigación tiene el objetivo de diseñar los indicadores para evaluar la sostenibilidad ambiental, económica y social de los sistemas productivos de los agricultores pequeños en los Andes Central, en Argentina. También se ha desempeñado como consultor de desarrollo rural en Proyectos a favor de la Conservación de la Biodiversidad (GEF-BIRF).



